

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL – PPGEC

**MAPA TEMÁTICO APLICADO À ANÁLISE AMBIENTAL DE BACIA
HIDROGRÁFICA**

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial exigido pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC, para a obtenção do Título de MESTRE em Engenharia Civil.

FERNANDA SIMONI

Florianópolis, março de 2005.

MAPA TEMÁTICO APLICADO À ANÁLISE AMBIENTAL DE BACIA HIDROGRÁFICA

FERNANDA SIMONI

**Dissertação julgada adequada para a obtenção do
Título de MESTRE em Engenharia Civil e aprovada
em sua forma final pelo Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Civil - PPGEC da
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.**

Prof^ª. Henriette Lebre La Rovere - Coordenadora do PPGEC

Prof. Dr. Carlos Loch - Orientador

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Carlos Loch - ECV/UFSC

Roberto de Oliveira PhD – ECV/UFSC

Prof^ª. Dr^ª. Alina Gonçalves Santiago – Arq/UFSC

Prof. Marcos Luiz de Paula Souza – UFPR

**A Deus pela sua
proteção e amparo nos
momentos difíceis.**

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me permitido cumprir mais uma etapa da minha vida.

Aos meus pais Silvério e Terezinha e minha irmã Silvia por me apoiarem nos momentos difíceis que passei nesta caminhada.

Ao professor Carlos Loch pela orientação, incentivo e amizade, que no intuito de buscar parceiros para o desenvolvimento de pesquisa aplicada, estabeleceu o convênio entre o LabFSG e a ITAIPU Binacional no campo do Cadastro Técnico Multifinalitário e Gestão Territorial, viabilizando esta pesquisa.

Ao meu noivo Alfredo Schuch pela paciência e amparo.

A Universidade Federal de Santa Catarina e ao Departamento de Pós-Graduação em Engenharia Civil por tornarem possível a realização deste trabalho nas suas dependências.

Ao Laboratório de Fotogrametria Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento da UFSC por ter me acolhido em suas instalações fornecendo o suporte técnico e de infraestrutura necessária para o trabalho.

Ao CNPq pelo auxílio financeiro cedido para a elaboração deste trabalho.

A ITAIPU pelo apoio institucional sem o qual não seria possível a realização deste trabalho agradeço este que se estende a Diretoria de Coordenação e ao Departamento de Iteração Regional bem como a equipe técnica da empresa.

A Cícero Bley Jr. pela oportunidade de trabalhar neste grandioso projeto de parceria institucional entre UFSC/LABFSG e ITAIPU.

Aos meus amigos e colegas do LabFSG da UFSC que souberam compartilhar seus conhecimentos comigo contribuindo para a realização deste trabalho.

A Érica Ferreira de Bastos, Emanuele Teles Ouriques de Mello e Dirceu de Menezes Machado Júnior pelo apoio e pelas longas conversas que tivemos.

A amiga Karin Cristina dos Santos pelo companheirismo.

A Kênya Naoe de Oliveira que me ajudou em todos os momentos deste trabalho estando sempre disposta a contribuir.

A Eugenia Karnaukhova pelo imenso auxílio na elaboração deste trabalho.

A Edi Assini Júnior pelo apoio técnico fornecido como funcionário do LabFSG nas horas difíceis.

A Sociedade Brasileira de Cartografia – SBC - e aos membros do Conselho da Ordem do Mérito Cartográfico por terem confiado nos trabalhos desenvolvidos pelos profissionais e alunos de pós-graduação como contribuição relevante à sociedade científica.

Aos professores Marcos de Paula, Alina Santiago e Roberto de Oliveira que gentilmente aceitaram fazer parte da banca examinadora desta dissertação.

E a todos que de algum modo contribuíram para este momento tão importante na minha vida.

Muito obrigada.

Fernanda Simoni.

SUMÁRIO

LISTA DE SIGLAS	i
LISTA DE FIGURAS	ii
LISTA DE TABELAS	iv
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
1 CAPÍTULO - INTRODUÇÃO.....	1
1.1 INTRODUÇÃO	1
1.2 HIPÓTESE E PROBLEMA	2
1.3 OBJETIVOS.....	4
1.4 JUSTIFICATIVA.....	5
1.5 TRABALHOS CORRELATOS.....	6
1.6 LIMITAÇÕES DA PESQUISA	7
1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO	8
2 REFERENCIAL TEÓRICO	9
2.1 ANÁLISE AMBIENTAL.....	9
2.1.1 Análises em bacias hidrográficas.....	10
2.1.2 Dados para análise.....	11
2.1.3 Escala de análise.....	13
2.2 BACIA HIDROGRÁFICA	15
2.3 SENSORIAMENTO REMOTO	18
2.3.1 Classificação dos sensores.....	19
2.3.2 Imagem Landsat7 ETM+.....	20
2.4 CARTOGRAFIA	23
2.4.1 Cartografia Temática e CTM para análise ambiental.....	24
2.4.2 Cartografia Digital.....	24
2.4.3 Base Cartográfica	25
3 CAPÍTULO - MATERIAL E MÉTODO.....	27
3.1 MATERIAL DE PESQUISA.....	27
3.1.1 Base cartográfica	28

3.1.2	<i>Imagem Landsat TM</i>	28
3.1.3	<i>Softwares</i>	29
3.2	MÉTODO	29
3.3	DELIMITAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA.....	32
3.4	GERAÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS	38
3.4.1	<i>Hierarquização Fluvial</i>	38
3.4.2	<i>Mapa Hipsométrico</i>	40
3.4.3	<i>Declividade</i>	46
3.4.4	<i>Mapa de Área de Preservação Permanente</i>	48
3.4.5	<i>Uso da Terra</i>	54
3.4.6	<i>Mapas de áreas prioritárias</i>	59
3.4.7	<i>Edição do Layout Final dos Mapas</i>	61
3.4.8	<i>Estrutura Fundiária</i>	63
4	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	64
4.1	RELEVO E GEOLOGIA.....	66
4.2	SOLO	67
4.3	CLIMA	68
4.4	VEGETAÇÃO	68
4.5	HIDROGRAFIA.....	70
4.6	MUNICÍPIOS INTEGRANTES	71
5	ANÁLISE AMBIENTAL.....	74
5.1.1	<i>Rede de Drenagem e Hierarquia Fluvial</i>	75
5.1.2	<i>Hipsometria</i>	81
5.1.3	<i>Declividade</i>	83
5.1.4	<i>Áreas de Preservação Permanente</i>	87
5.1.5	<i>Uso da terra</i>	92
5.1.6	<i>Estrutura Fundiária</i>	95
5.1.7	<i>Áreas Prioritárias para Ação Ambiental</i>	97
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	101
7	REFERÊNCIAS	106
8	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	112

LISTA DE SIGLAS

APP – Área de Preservação Permanente
CAD – Computer Aided Design
CMMAD – Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPEL – Companhia Paranaense de Energia Elétrica
CTM – Cadastro Técnico Multifinalitário
FAO – Foods and Agriculture Organization
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ITAIPU – Usina Hidrelétrica de ITAIPU
LabFSG – Laboratório de Fotogrametria Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento
MNT – Modelo Numérico do Terreno
ONG – Organização não Governamental
ONU – Organização das Nações Unidas
PNUMA – Programam das Nações Unidas sobre Meio Ambiente
SAD 69 – South American Datun
SIG – Sistema de Informações Geográficas
TM – Thematic Mapper
UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina
UTM – Universal Transversor de Mercator

LISTA DE FIGURAS

- Figura 01: Padrões de drenagem de bacia hidrográfica
- Figura 02: SatéliteLandsat7 Bandas 1 e 2 respectivamente
- Figura 03: SatéliteLandsat7 Bandas 3 e 4 respectivamente
- Figura 04: SatéliteLandsat7 Bandas 5 e 6 respectivamente
- Figura 05: Fluxograma de Atividades
- Figura 06: Exportar dado em formato dxf para shape
- Figura 07: Define projeção do arquivo
- Figura 08: Conversão de fusos
- Figura 09: Cartas justapostas no fuso 21S
- Figura 10: Criação de novo shape
- Figura 11: Ferramenta utilizada para “clipar” as feições
- Figura 12: Hierarquia Fluvial
- Figura 13: Hierarquia fluvial da bacia
- Figura 14: Como criar o buffer
- Figura 15: Abrir tabela de atributos
- Figura 16: Adicionar coluna
- Figura 17: Geração do MNT por grade triangular
- Figura 18: Ferramenta de reclassificação
- Figura 19: Multiplicação dos arquivos raster
- Figura 20: Hipsometria da bacia hidrográfica
- Figura 21: Processamento da declividade
- Figura 22: Buffer de APP em cursos d'água
- Figura 23: Exportar arquivo shape para dxf
- Figura 24: Digitalização de APP em topo de morro
- Figura 25: Composição infravermelha – RGB432
- Figura 26: Corte de imagem a partir de coordenadas
- Figura 27: Determinação de ROI's
- Figura 28: ROI's utilizados para classificação
- Figura 29: Ferramenta de classificação da imagem
- Figura 30: Intersecção das áreas de vegetação com as áreas de preservação
- Figura 31: Áreas prioritárias
- Figura 32: Layout dos mapas

Figura 33: Localização da área de estudo

Figura 34: Textura e drenagem de bacia hidrográfica

Figura 35: Municípios parcialmente inseridos na área de estudo

Figura 36: Paisagem característica da bacia do Ajuricaba

Figura 37: Área predominantemente agrícola

Figura 38: Bacias com densidade de drenagem analisadas

Figura 39: Bacias analisadas e suas declividades

Figura 40: Relação percentual entre as classes de APP

Figura 41: Indicação das declividades superiores a 30%

Figura 42: Textura e drenagem de bacia hidrográfica

Figura 43: Textura e drenagem de bacia hidrográfica

Figura 44: Áreas de preservação versus vegetação existente

Figura 45: Percentual de Áreas Prioritárias por Classe de APP

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Números de ITAIPU

Tabela 2: Escala de trabalho

Tabela 3: Escala versus tipo de dados

Tabela 4: Características das bandas do sensor Landsat 7 TM

Tabela 5: Material Utilizado

Tabela 6: Relação de cartas da COPEL

Tabela 7: Informações sobre imagem Landsat

Tabela 8: Base Cartográfica Utilizada

Tabela 9: Classes de Declividade

Tabela 10: Legislação Ambiental

Tabela 11: Largura dos cursos d'água principais

Tabela 12: População Residente

Tabela 13: Exemplos de dados de planejamento Ambiental

Tabela 14: Comprimento dos Rios Principais

Tabela 15: Densidades de Drenagem

Tabela 16: Classes hipsométricas e áreas equivalentes

Tabela 17: Área ocupada por classes de declividade

Tabela 18: Intervalos de classes de declividade

Tabela 19: Legislação Ambiental Utilizada

Tabela 20: Áreas relativas aos temas do mapa de APP's

Tabela 21: Área e percentual ocupado na bacia por classe de uso da terra

Tabela 22: Áreas ocupadas por tema do mapa de Áreas Prioritárias

Tabela 23: Áreas Prioritárias

RESUMO

SIMONI, F., *Mapa Temático Aplicado à Análise Ambiental de Bacia Hidrográfica*. Florianópolis, SC, 2005, 98 p. – UFSC, Santa Catarina.

A utilização de mapas temáticos como subsídio para análise ambiental é o foco desta pesquisa. Para a realização dos trabalhos adotou-se a bacia hidrográfica como unidade de análise. Foram mapeadas e analisadas características físicas, sobre as quais se espacializou a legislação ambiental brasileira referente à áreas de preservação permanente. Através da utilização de técnicas de geoprocessamento e cartografia digital, foram gerados mapas temáticos quanto: à hierarquia fluvial, hipsometria, declividade, áreas de preservação permanente, cobertura da terra, e áreas prioritárias para implantação de programas ambientais. A bacia hidrográfica objeto de estudo denomina-se Bacia do Arroio Fundo, que contribui para a formação do lago da Usina Hidrelétrica de ITAIPU. Depois de gerados os produtos, foram realizadas as análises onde se buscou interpretar o meio através de dados qualitativos e quantitativos. Ao final, percebeu-se que as análises realizadas forneceram importantes informações sobre a bacia hidrográfica. A base cartográfica na escala 1:25 000 mostrou-se adequada, para a geração dos produtos temáticos. No entanto, análises mais aprofundadas podem ser obtidas, com uma maior diversidade de dados. Quanto mais abrangente a temática abordada nas análises, melhor será o entendimento quanto às interações que ocorrem no meio.

Palavras chave: Bacia hidrográfica, cartografia temática, análise ambiental.

ABSTRACT

SIMONI, F., Thematic Map *applied to Environmental Analysis of Hydrographical Basin*. Florianópolis, SC, 2005, 98 p. – UFSC, Santa Catarina.

The use of thematic maps as subsidy for environmental analysis is the focus of this research. For the accomplishment of the works it was adopted the hydrographic basin as unit of analysis. It had been mapped and analyzed physics characteristics, on which the Brazilian environmental laws about permanent preservation areas were mapped. By the use of techniques of geoprocessing and digital cartography, thematic maps had been generated about: the fluvial hierarchy, hypsometry, declivity, permanent preservation areas, covering the land, and priority areas for implantation of environmental programs. The hydrographic basin, object studied, is Arroio Fundo's Basin, that contributes to the formation of the lake of the ITAIPU Hydroelectric Plant. After generated the products, the analyses had been carried where was searched to interpret environmental by using qualitative and quantitative data. At the end, it had been perceived that the carried analyses had supplied important information about the hydrographic basin. The cartographic base in 1:25 000 scale revealed adequate, for the generation of thematic products. However, can be gotten deepened analyses, with a bigger diversity of data. The more including the thematic boarded in the analyses, the better will be the agreement about the interactions that occur in the environment.

Words Key: Hydrographical basin, thematic cartography, environmental analysis.

1 CAPÍTULO - INTRODUÇÃO

1.1 Introdução

Através da história da humanidade pode-se observar a preocupação do homem quanto à utilização dos recursos naturais.

Pode-se citar como exemplo, as discussões internacionais realizadas para se discutir o meio ambiente de forma integrada (Santos, 2004):

- Em 1972 na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, criou-se o PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, cujo objetivo é o de gerenciar as atividades de proteção ambiental no mundo.
- Em 1983 a Assembléia Geral da ONU – Organização das Nações Unidas, criou-se o CMMAD – Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento que oficializou o termo “desenvolvimento sustentável” referindo-se ao atendimento às necessidades presentes sem comprometer as gerações futuras.
- Em 1992 no Estado do Rio de Janeiro no Brasil, 178 nações se reuniram e geraram documentos sobre os temas ambientais. Dentre eles está a Agenda 21 que em seu Capítulo 7, particularmente recomenda a avaliação das atividades humanas, do uso da terra dentro do planejamento ambiental.

Seguindo este pensamento a Empresa ITAIPU Binacional vêm desenvolvendo programas que visam a gestão ambiental da usina hidrelétrica, bem como de bacias hidrográficas contribuintes à formação do reservatório.

No intuito de se estabelecer parcerias para o desenvolvimento de pesquisas aplicadas, estabeleceu parcerias institucionais dentre as quais destaca-se a parceria UFSC/LabFSG com a ITAIPU especialmente no campo do Cadastro Técnico Multifinalitário e Gestão Territorial.

O trabalho que segue é parte integrante de um projeto de pesquisa acerca de bacias hidrográficas contribuintes à formação do lago de ITAIPU. A

Bacia do Arroio Fundo foi determinada como área piloto para a realização desta pesquisa, bem como para a implantação de projetos ambientais pela empresa.

Objetivou-se, portanto, a análise ambiental de bacias hidrográficas a partir de suas características físicas. São abordados temas como Área de Preservação Permanente, Uso da Terra, Declividade, Hipsometria, Legislação Ambiental e Áreas Prioritárias para implantação de programas ambientais.

Através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, foram gerados mapas temáticos que deram suporte técnico aos estudos da Bacia Hidrográfica do Arroio Fundo, objeto deste estudo.

1.2 Hipótese e Problema

Para o presente trabalho define-se como *problema*: como é possível a utilização de mapas temáticos para análises ambientais e espacialização da legislação ambiental?

Enquanto a *hipótese* utilizada é: Embasando-se em critérios físicos e legais, espacializados em mapas temáticos, é possível realizar análises ambientais de uma unidade do território.

A temática abordada na dissertação surgiu do enfoque relativo às dificuldades que as grandes empresas geradoras de energia elétrica têm de gerenciar os recursos naturais. As hidrelétricas em especial, são afetadas de um modo muito particular pelas condições ambientais e hidrogeológicas das bacias hidrográficas contribuintes.

A dimensão física da hidrelétrica de ITAIPU (Tabela 1) em particular é um desafio no que tange ao planejamento e a execução de ações eficientes visando a gestão ambiental do território.

Tabela 1: Números de Itaipu

Fonte: ITAIPU, 1994

Comprimento do Lago	170 Km
Profundidade Máxima	170 metros
Volume de água do reservatório	29 bilhões de m ³
Superfície do lago	1.350 Km ² sendo 780 Km ² no Brasil e 570 Km ² no Paraguai
Sub Bacias Hidrográficas Contribuintes	7.970 Km ²

A gestão do meio ambiente transpassa as fronteiras do reservatório, das máquinas geradoras de energia e do ambiente lacustre da usina. As bacias hidrográficas, que contribuem com seus recursos hídricos na formação do lago, recebem grande pressão antrópica em função do uso dos recursos hídrico e do solo.

No caso da hidrelétrica de Itaipu esses problemas são muito significativos (ITAIPU, 2004). O aumento da quantidade de sedimentos depositados no lago, o surgimento de infestações localizadas de algas e moluscos, em função do aumento do índice de eutrofização da água, são alguns dos efeitos oriundos do uso inadequado dos recursos naturais.

A aparente abundância dos recursos existentes na região, para práticas agrícolas, tornou-se um desafio na busca do equilíbrio entre, as atividades econômicas necessárias ao desenvolvimento regional e a sustentabilidade do meio ambiente.

Apesar disto, incentivadas pelo apoio da Empresa ITAIPU em parceria com as prefeituras municipais, cooperativas, ONGs e universidades da região, os proprietários de áreas rurais inseridas na Bacia Hidrográfica do Arroio Fundo vêm buscando adequação às leis ambientais do Brasil e do Estado do Paraná, com o intuito de obter o licenciamento ambiental dos órgãos competentes. Para a ITAIPU trata-se da ação social da empresa para solucionar os problemas ambientais das bacias de contribuição da usina, bem como promovendo o conhecimento acerca do meio ambiente.

Seguindo este pensamento, ocorreu a parceria institucional entre a UFSC, através do Laboratório de Fotogrametria Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento, e a ITAIPU para coordenar uma pesquisa sobre a

utilização de técnicas de geoprocessamento e sistemas de informação geográfica, para diagnóstico e análise da área de influência da Usina Hidrelétrica de Itaipu. Neste contexto estão inseridos os pesquisadores de pós-graduação, mestrandos e doutorandos, e bolsistas de iniciação científica dos cursos de graduação da Universidade Federal de Santa Catarina, no qual também se encontra a autora deste trabalho.

1.3 Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é gerar mapas temáticos, e realizar a análise física e ambiental de uma bacia hidrográfica contribuinte ao lago da Hidrelétrica de ITAIPU utilizando-se técnicas de geoprocessamento e cartografia digital.

Os objetivos específicos são:

- a) Gerar mapas temáticos de declividade, hipsometria, áreas de preservação e uso da terra;
- b) Determinar características físicas da bacia através de mapas temáticos;
- c) Detectar a potencialidade da imagem de satélite Landsat TM7 para análise ambiental;
- d) Determinar parâmetros e produzir as análises ambientais embasadas nos critérios legais;
- e) Utilizar os critérios determinados em lei quanto às áreas de preservação permanente para a elaboração dos mapas temáticos digitais;
- f) Delimitar áreas prioritárias para ações de gestão ambiental em bacia hidrográfica.

1.4 Justificativa

Atualmente, um dos termos mais divulgados em meio ambiente é o planejamento ambiental. É certo que, para se ter um ambiente biologicamente equilibrado e economicamente sustentável, faz-se necessário tomar medidas que nos encaminhe ao patamar desejado de equilíbrio e sustentabilidade. O planejamento, sob este foco, pode ser visto como uma ferramenta que auxilia no processo que se vai desenvolver, para chegar aos objetivos traçados.

No entanto, quando se utiliza o termo planejamento ambiental, deve-se ter em mente um processo contínuo que envolve coleta, organização e análise sistematizada de informações. Através de procedimentos ou métodos deve-se chegar à conclusões quanto às melhores alternativas para o aproveitamento dos recursos naturais (SANTOS, 2004).

Quando se trata de tomada de decisões, é necessário que se consiga identificar e localizar os recursos disponíveis no meio planejado, e conhece-lo em qualidade e quantidade. Em outras palavras, é imprescindível a espacialização dos recursos naturais do meio buscando-se conhecer os conflitos e problemas gerados por seu uso e necessidade de conservação.

Ao estudar-se o meio ainda deve-se definir a unidade de trabalho, para desenvolver e/ou aplicar uma metodologia que contemple as interações e pressões, sobre os sistemas naturais, criados pelo homem.

Conforme definição constante nas Leis de Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 6938 de 1981, MMA2005) e na Política Estadual do Paraná de Recursos Hídricos (Lei 12726 de 1999, SUDERHSA 2005), a bacia hidrográfica é a unidade territorial para a atuação de atividades gerenciais de recursos hídricos.

Como não é possível analisar o meio ambiente sem levar em conta os recursos hídricos de uma determinada área, propôs-se analisar uma bacia hidrográfica como área de estudo a partir da aquisição e manipulação de dados e informações acerca de seu território.

Para tanto, a utilização de produtos oriundos de técnicas de sensoriamento remoto propicia a aquisição de dados sobre o território de forma rápida e confiável (MELLO, 2002). A utilização de fotografias aéreas bem como

a de imagens satelitárias para obtenção de dados e informações acerca da superfície proporcionam uma visão global da superfície terrestre incomparável aos esforços de trabalhos conduzidos pela pesquisa de campo ou fotografias terrestres convencionais.

Os mapas, para fins de análises em meio ambiente, são ferramentas imprescindíveis na medida em que podem representar dados diversos de natureza complexa como as relações que nele ocorrem.

Na Cartografia temática, em especial, percebe-se que a aquisição de conhecimento se dá através do reconhecimento de padrões e relações espaciais que necessitam da visualização para desencadear este processo no cérebro humano (MARTINELLI, 2003).

A utilização de métodos de geoprocessamento e posterior elaboração de mapas temáticos, que dão suporte à pesquisa, adquirem ainda, uma função social importante na medida em que se pode mostrar aos proprietários e trabalhadores do meio rural, informações concretas e de fácil compreensão acerca do meio em que vivem e com o qual se relacionam. Deste modo, os agentes dos processos que ocorrem no meio tomam ciência da importância da gestão ambiental que se inicia e optam pela adoção de práticas diferentes em suas atividades cotidianas que muito podem significar na busca do equilíbrio com a natureza.

1.5 Trabalhos Correlatos

Neste item serão apresentados de forma sucinta alguns trabalhos realizados no Brasil e no mundo, que utilizam a representação espacial da superfície, por meio da cartografia temática.

No Estado de Santa Catarina, por exemplo, a EPAGRI desenvolve o projeto “Desenvolvimento Sustentável em Microbacias Hidrográficas de SC – Desenvolvimento Local” que dentre outros objetivos visa promover a melhoria da qualidade de vida da população rural catarinense através do aumento da renda, das oportunidades sociais, culturais e econômicas, e da recuperação, conservação e utilização sustentável dos recursos ambientais.

No Rio Grande o Sul desenvolve-se um Inventário Florestal Contínuo que mostra a situação da cobertura florestal do Estado, qualificando todas as formações florestais. Sua continuidade permitirá a obtenção periódica de informações atualizadas, suficientes e confiáveis sobre o estado dos recursos florestais e suas mudanças no tempo.

Na Universidade de Utah realizam-se estudos sobre a contribuição potencial de análises espaciais para implementação de um sistema de informações geográficas de transportes. Ela se baseia na análise da interação espacial numa tentativa de visualizar em ambiente SIG – Sistema de Informações Geográficas - os efeitos do sistema de transporte adotado (MILLER, 1999).

Mendonça & Ferreira Jr. (1995) representaram cartograficamente as exigências impostas pelo Código Florestal Brasileiro na microbacia do Córrego dos Periquitos na cidade de Londrina no Estado do Paraná. Neste trabalho foi desenvolvida a representação hipsométrica da microbacia, a clinográfica (classes de declividade das vertentes de relevo) e a espacialização das áreas de preservação permanente conforme o código florestal brasileiro.

1.6 Limitações da pesquisa

Este trabalho, tem o intuito de realizar análises e estabelecer critérios, embasados em características físicas e em legislação ambiental relativa à Áreas de Preservação Permanente (APP's).

O método, utilizado para a geração dos produtos temáticos, pode ser utilizado para bacias hidrográficas com características muito distintas entre si. No entanto, as análises geradas a partir destes produtos, e a determinação de áreas prioritárias, são peculiares à bacia hidrográfica em estudo.

As características observadas na análise física da bacia como a hipsometria, declividade, clima, vegetação e outros aspectos, cabem de um modo geral a toda a área de influência do lago da Usina Hidrelétrica de ITAIPU.

A Legislação Ambiental utilizada neste trabalho restringe-se somente às Áreas de Preservação Permanente, conforme consta na metodologia.

Ao utilizar-se de base cartográfica digital na escala 1:25 000 para gerar APP's, deve-se ter em mente a precisão, relativa ao produto. Esta precisão traz conseqüências aos valores calculados, como no caso das APP's. Os resultados, portanto, são valores aproximados, mas que condizem com o produto utilizado, para chegar-se a eles.

1.7 Estrutura do Trabalho

Este trabalho subdivide-se em sete capítulos os quais foram estruturados para facilitar a compreensão da pesquisa como segue abaixo descrito:

Capítulo 1: refere - se a *introdução* do trabalho. Nele está contida a introdução propriamente dita, a problemática abordada na pesquisa, os objetivos, a justificativa, o estado da arte ou pesquisas correlatas ao tema abordado, e as limitações deste trabalho;

Capítulo 2: trata-se do *referencial teórico* do trabalho, é ele que dá o embasamento técnico – científico para a concepção metodológica da pesquisa;

Capítulo 3: descreve os *materiais e métodos* utilizados no decorrer da pesquisa;

Capítulo 4: descreve as *características da área de estudo* da pesquisa;

Capítulo 5: relata a *análise ambiental da bacia hidrográfica* em estudo que foi desenvolvida de acordo com os procedimentos relatados no Capítulo 2;

Capítulo 6: disserta sobre as conclusões e recomendações acerca da análise realizada na área de estudo;

Capítulo 7: apresenta o material bibliográfico utilizado no decorrer deste trabalho para que sirva de fonte de consulta aos pesquisadores da área ambiental.

Capítulo 8: apresenta o material bibliográfico utilizado como bibliografia de apoio no decorrer deste trabalho, mas que não foi referenciada.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo tem por finalidade dar embasamento teórico para a compreensão dos assuntos abordados nesta pesquisa. Apresenta-se uma síntese sobre os termos utilizados no trabalho proposto.

2.1 Análise Ambiental

Segundo Marconi & Lakatos (2001) analisar significa estudar, interpretar, dividir o todo em partes para se efetuar um estudo mais completo. Ela se desenvolve por meio da explicação, discussão e avaliação. Nela pode-se observar os componentes de um conjunto e perceber suas possíveis relações.

A Lei 6938 de 31 de agosto de 1981 (MMA, 2005) que dispõe sobre a Política nacional do Meio Ambiente, define meio ambiente como: *“o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas”*.

Na análise ambiental a definição de Marconi e Lakatos (2001) é aplicado ao meio ambiente, através de técnicas baseadas em critérios, que vão ao encontro do(s) objetivo(s) proposto(s) no trabalho.

Para realizar análises de dados acerca do meio ambiente, as análises estatísticas tradicionais não se aplicam devido à complexidade e inter-relação dos fenômenos. É preciso adaptar os dados e detectar as mudanças ocorridas no meio. Por isso, associa-se a análise do ambiente à teoria do caos e a métodos baseados na entropia e na teoria de sistemas dinâmicos não lineares (PHILLIPS, 1999).

Este pensamento pode ser contextualizado através da interação entre os componentes do meio da mesma forma que ocorre num sistema. Analisando partes do todo e determinando suas inter - relações.

Existem várias maneiras de levantar informações físico-espaciais. Não há uma receita indicando qual a técnica a ser usada para as diferentes

situações. A escolha da melhor forma de execução deve levar em consideração vários fatores, como demanda de mercado, objetivo do trabalho, custos, disponibilidade de material, além das peculiaridades da paisagem que está se pretendendo estudar. Este fator tem importância ainda maior em regiões tropicais, onde normalmente a diversidade paisagística é maior do que em regiões temperadas.

A utilização de produtos cartográficos proporciona rapidez, precisão e eficiência para a realização de análises ambientais. Isso ocorreu principalmente a partir da década de 70, onde a informação, que antes era armazenada de forma analógica, passou então a ser concebida como informação digital (SCOTTON, 2004).

Tanto as análises espaciais quantitativas como as qualitativas tiveram um impulso considerável com o advento de novas tecnologias. Novos sensores remotos com resoluções espaciais cada vez maiores e softwares de geoprocessamento com algoritmos cada vez mais elaborados proporcionam a extração de feições acerca do meio com maior precisão e rapidez.

Satélites imageadores foram desenvolvidos especialmente para captar informações sobre o meio ambiente na terra e formar um banco de dados rico em informações a serem exploradas, como é o caso da série de satélites Landsat (NASA, 2004).

2.1.1 Análises em bacias hidrográficas

A Política Nacional do Meio Ambiente e a Política Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Paraná, fundamentam-se na bacia hidrográfica, como a unidade territorial para aplicação de seus objetivos, referentes ao meio ambiente. Por este motivo, este tópico, descreve os trabalhos e fundamentos utilizados para análise em bacias hidrográficas.

Além disso, Santos (2004) nos diz que a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento é de aceitação universal, pelo fato de constituir um sistema natural delimitado no espaço, composto por um conjunto de terras topograficamente drenadas por um curso d'água e seus afluentes, onde suas interações físicas são integradas e assim, mais facilmente interpretadas.

A partir do trabalho desenvolvido por Robert E. Horton em 1945, a análise de bacias hidrográficas passou a apresentar um caráter mais objetivo. Horton realizou uma análise quantitativa das bacias de drenagem e seu estudo influenciou Arthur N. Strahler na Universidade de Columbia. Eles estabeleceram um procedimento para a determinação da hierarquia fluvial, que também pode ser considerada como uma forma de se estabelecer, a classificação de um determinado curso d'água, dentro de uma bacia hidrográfica (CHISTOFOLETTI, 1980).

Seiffert (1996) argumenta que os dados necessários para a gestão ambiental, quando do ordenamento físico espacial, devem ser relativos aos registros topográficos, geológicos, climáticos, potencial dos solos para agricultura e mineração, fontes de degradação e poluição ambiental.

Santos (2004) revela que o estado do meio costuma ser avaliado por temas relacionados aos aspectos físicos que são: climatologia, geologia, geomorfologia, pedologia, hidrologia, e biológicos: vegetação e fauna. A mesma autora ainda diz que as respostas às pressões da sociedade podem ser observadas por aspectos jurídicos, institucionais e de organização política, as atividades humanas, sociais e econômicas são observadas pelo uso da terra, demografia, condições de vida da população e infra-estrutura de serviços.

Esses aspectos estudados são uma abstração da realidade na tentativa de conhecer o meio ambiente e suas inter-relações. E ainda assim, na maioria das vezes, os trabalhos desenvolvidos baseiam-se na disponibilidade dos dados já existentes, o que dificulta e restringe a compreensão do meio. Isto ocorre por muitos motivos, dentre os quais pode-se citar a falta de aplicação de recursos financeiros para o levantamento de dados e a falta de profissionais habilitados ao correto manuseio dos dados.

2.1.2 Dados para análise

Os dados a serem utilizados para a realização de trabalhos técnicos devem possuir qualidade, ou seja, deve ser capaz de medir, expressar com fidelidade o fenômeno ao qual se refere, é uma das etapas da análise que requer cuidado especial.

Para Santos (2004) alguns pontos devem ser observados quando da utilização dos dados como, por exemplo:

1. Fonte de informação: deve ser observada a confiabilidade da fonte de informação, se é proveniente de órgão oficial, instituição creditada, ou seja, qual é o grau de responsabilidade do profissional ou dos organismos sobre o que o dado significa;
2. Forma de coleta do dado: é relativo à forma que o organismo ou o profissional coletou o dado;
3. Redundância: deve-se observar se diferentes dados utilizados no trabalho expressam a mesma informação, é um erro comum utilizar-se de diferentes dados que, em conjunto, representem a mesma coisa ou reproduzam a mesma informação;
4. Representatividade: diz respeito à capacidade atender às metas e objetivos definidos no trabalho, deve retratar os problemas da área de estudo;
5. Conveniência da escala cartográfica: significa que deve haver compatibilidade entre a escala da informação a se obter com a escala adotada ao estudo que é compatível às ações de acompanhamento, avaliação e controle do meio;
6. Sensibilidade às mudanças: quando se trata de meio ambiente a informação é mais confiável de for sensível às mudanças, ou seja, na medida em que ocorrem mudanças no meio, mesmo que pequenas, a resposta do dado deve ser imediata, mudando seu valor;
7. Disponibilidade e Acessibilidade: o dado deve permitir a pronta recuperação da informação sem perda de tempo e ser fácil de se obter.

Segundo Silva (2003) existem quatro tipos de dados a serem analisados: textuais, numéricos, vetoriais e matriciais, também denominados raster:

- a) Textuais: tem caráter descritivo e não necessitam de interpretação;
- b) Numéricas: correspondem a especificações codificadas em números que representam a realidade;

- c) Vetorial: é a representação gráfica do mundo real através de sistemas de coordenadas de forma que sua unidade fundamental é o par de coordenadas x,y ;
- d) Raster ou Matricial: os dados textuais e numéricos podem ser eventualmente capturados por teclado de computador ou scanner, que através de um processo produz um arquivo raster. O dados raster representa o mundo real por unidades denominadas pixels (picture element) ou células, de forma geralmente quadrada que são definidas por suas posições em relação à colunas e linhas de uma malha.

Para exemplificar os tipos de dados pode-se colocar que quando se escreve o nome de um rio utiliza-se um dado na forma texto, quando se identifica o comprimento do rio em metros, tem-se um dado numérico. Por sua vez, ao se digitalizar um curso d'água num software CAD, obtêm-se um dado vetorial e se identificar um rio numa fotografia aérea temos o dado visualizado em formato raster na foto.

2.1.3 Escala de análise

A escala num mapa é utilizada para representar no papel a medida real do objeto na superfície da terra, ou seja, é, na realidade, uma proporção entre a realidade e sua representação.

Segundo IBGE (1999) a escala deve ser selecionada tendo em vista a compatibilização cartográfica entre os níveis de detalhe ou generalização, prevista para o levantamento a ser representado no mapa final. Deve-se utilizar como material base, mapas com escala maior do que se pretende representar ao final.

Santos (2004) diz que em se tratando de meio ambiente, deve-se adotar uma escala de trabalho de acordo com as diferentes informações em seus diferentes graus de organização e complexidade que se pretende representar em sua dimensão espacial e temporal. Espera-se, assim, que cada elemento ou dado do meio reproduza suas dimensões reais e período onde incidem e compartilham o espaço.

IBGE (1999) define como escalas de trabalho:

Tabela 2: Escala de trabalho

Fonte: IBGE 1999, adaptado.

Amplitude da Escala	Tipo
1: 1 000 000 a 1: 2 500 000	Exploratório
1: 250 000 a 1: 1 000 000	Reconhecimento
1: 100 000 a 1: 25 000	Semidetalhe
< 1:25 000	Detalhe

Santos (2004) define para algumas escalas de trabalho os tipos de dados a serem estudados:

Tabela 3: Escala versus tipo de dados

Fonte: Santos 2004, adaptado

Amplitude da escala	Tipo de Dados
1:1 000 000 a 1:3 000 000	Domínio climático e bioma
1:500 000 a 1:1 000 000	Relevo, geologia, geomorfologia e associações de formações vegetacionais
1:100 000 a 1:500 000	Modelo de unidade geomorfológica solo e vegetação
1:10 000 a 1:50 000	Homogeneidade geológica e de associação solo/vegetação

A mesma autora coloca ainda que para bacias hidrográficas adotam-se escalas que variam de 1:5 000 a 1:1 000 000. Já para áreas de influência afetadas por impactos, utilizam-se escala de 1:5 000 a 1:100 000. De 1:50 000 à menores são as escalas recomendadas para um planejamento ambiental geral onde é necessária uma visão mais ampla dos diferentes aspectos do meio natural.

2.2 Bacia hidrográfica

Segundo o Programa Nacional de Bacias Hidrográficas (BRASIL, 1987) a bacia hidrográfica é entendida como uma área fisiográfica drenada por um curso d'água ou por um sistema de cursos de água conectados e que convergem, direta ou indiretamente, para um leito ou para um espelho d'água, constituindo uma unidade ideal para o planejamento integrado do manejo dos recursos naturais no meio ambiente por ela definido.

Cunha & Guerra (1996) definem bacia hidrográfica como a “área abrangida por um rio ou por um sistema fluvial composto por um curso principal e os seus tributários”. O mesmo autor cita ainda, que o rio com seu talvegue ordena os processos de formação do vale fluvial, embora sua influência direta esteja restrita à calha e à planície de inundação. O limite de uma bacia de drenagem é conhecido como divisor de drenagem ou divisor de águas. O vale fluvial representa uma depressão alongada (de extensão longitudinal) constituída por um ou mais talvegues e duas vertentes (ou macrovertentes) com sistemas de declive convergente e que pode ser compreendido como uma planície à beira do rio ou várzea.

Christofolletti (1980) diz que a bacia de drenagem ou bacia hidrográfica é composta por um conjunto de canais de escoamento inter-relacionados e é definida como sendo a área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial.

O mesmo autor relata que as bacias hidrográficas podem ser classificadas segundo seu padrão de drenagem. O padrão de drenagem diz respeito ao arranjo espacial dos cursos fluviais, que podem ser influenciados em sua atividade morfogenética pela natureza e disposição das camadas rochosas, pela resistência litológica variável, pelas diferenças de declividade e pela evolução geomorfológica da região. Segundo suas características descritivas elas podem ser do tipo:

- a) Dendrítica: ou arborescente porque se assemelha à uma árvore. A presença de ângulos retos neste padrão de drenagem, constitui anomalias que se deve atribuir geralmente aos fenômenos tectônicos;

- b) Treliça: os rios principais da bacia correm em paralelo recebendo afluentes na direção transversal. Este padrão é encontrado em estruturas sedimentares homoclinais, em estruturas falhadas e nas cristas anticlinais;
- c) Retangular: é uma modificação da drenagem em treliça, mantendo o aspecto ortogonal com bruscas alterações retangulares nos cursos das correntes fluviais tanto nos rios principais quanto nos tributários;
- d) Paralela: ocorre quando os cursos d'água, sobre uma área considerável ou em numerosos exemplos sucessivos escoam quase paralelamente . Ocorre normalmente em áreas de declive acentuado ou onde existem controles estruturais que motivem a ocorrência deste espaçamento regular;
- e) Radial: onde as correntes dos rios se encontram dispostas como raios de uma roda em relação a um ponto central. As correntes podem divergir a partir um ponto (drenagem centrífuga) ou convergir para um ponto (drenagem centrípeta);
- f) Anelar: assemelha-se a anéis como os que se formam com o crescimento anual dos dendros de uma árvore;
- g) Desarranjadas ou irregulares: são as que foram desorganizadas por bloqueio ou erosão, locais onde a drenagem ainda não conseguiu se organizar.

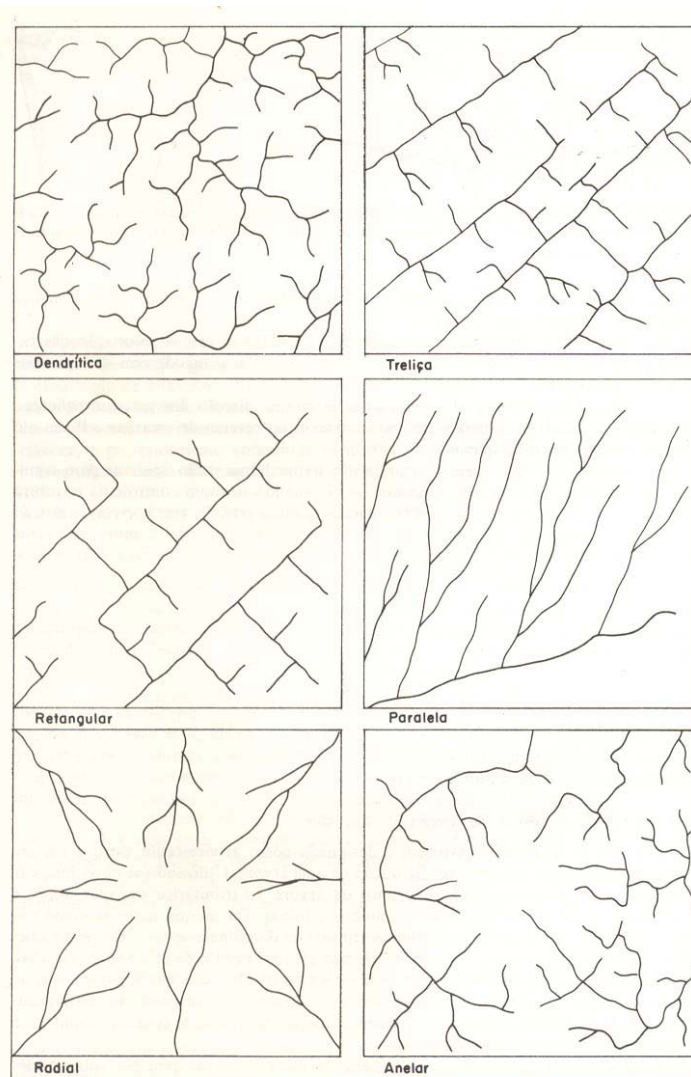


Figura 01: Padrões de drenagem de bacia hidrográfica

Fonte: Christofolletti, 1980, 104p.

Loch (2001) afirma ainda que as bacias hidrográficas podem ser analisadas por suas características quantitativas tais como:

- 1) Área: determinação da área da figura geométrica que representa a bacia;
- 2) Comprimento dos rios: é relativo à determinação do comprimento total do curso d'água;
- 3) Densidade: é a relação entre o comprimento total dos cursos d'água sobre a área total da bacia;
- 4) Frequência: é a relação entre o número de rios sobre a área da bacia.

Em um perfil urbanístico, um rio exerce o papel fundamental no arranjo espacial proporcionando uma série de características próprias como também riscos explícitos de inundações em determinadas áreas.

Nas áreas rurais, uma bacia hidrográfica sofre as influências das práticas agrícolas e de outros usos do solo, que causam efeitos como erosão e conseqüente aporte de sedimentos nos rios.

2.3 Sensoriamento Remoto

Robinson et all (1995) define sensoriamento remoto como sendo o processo de coleta, armazenamento e extração de informações do meio ambiente a partir de imagens adquiridas sem o contato físico direto com o objeto de estudo.

Seguindo o mesmo pensamento, Kramer (1996) diz se tratar da medição ou aquisição de informações sobre algumas propriedades de um determinado objeto ou fenômeno, sem contato físico com os mesmos.

Mello (2002), diz que o Sensoriamento Remoto é um conceito relativamente novo e por isso, possui muitas interpretações. Este fato é devido não somente à sua existência relativamente recente, mas também aos fatores seguintes:

- a) as divergências na compreensão do tempo histórico do surgimento do método;
- b) a interpretação do Sensoriamento Remoto como um método de investigação ou como um processo;
- c) a diferenciação, em alguns casos, das áreas de aplicação dos resultados.

Moreira (2001) mostra que o sensoriamento remoto, para os recursos naturais, tem sido definido de várias maneiras mas todas elas dizem se tratar de um conjunto de atividades utilizadas para obter informações sobre os recursos naturais através da utilização de dispositivos sensores colocados em aviões, satélites ou, até mesmo, na superfície terrestre.

Bernardy & Loch (2002) relatam que no Brasil, o Sensoriamento Remoto foi impulsionado a partir da década de 70, quando houve a necessidade de obter-se informações dos recursos naturais no projeto RADAMBRASIL.

A utilização de produtos de sensores remotos é reconhecida, na prática, todas as vezes que se realiza a interpretação de imagens para geração de produtos temáticos como mapas de uso da terra, geológicos, de vegetação, entre outros.

2.3.1 Classificação dos sensores

Os sensores são dispositivos capazes de detectar e registrar a radiação de determinada faixa do espectro eletromagnético, e gerar dados que possam ser transformadas num produto passível de interpretação, seja na forma de imagem, gráfico ou tabela (MOREIRA, 2001).

De acordo com Kramer (1996) os sensores remotos podem ser classificados quanto à fonte de energia utilizada (ativos e passivos):

- 1) Ativos: que produzem sua própria radiação (operam na faixa de microondas);
- 2) Passivos: detectam a radiação solar refletida ou a radiação emitida pelos objetos da superfície.

E quanto ao tipo de produto fornecido (imageadores e não imageadores):

- 3) Imageadores: fornecem como produto uma imagem
- 4) Não imageadores: não fornecem uma imagem da superfície sensoriada, sua saída de dados é em forma de dígitos, gráficos ou assinatura espectral.

Moreira (2001) ainda diferencia os sensores que operam em nível orbital e suborbital.

- a) Suborbital: coleta dados tendo geralmente como plataforma uma aeronave tripulada. Ex: scanners, câmeras fotográficas e radares;
- b) Orbital: registra a radiação refletida e/ou emitida pelos alvos da superfície terrestre, a partir de plataformas orbitais, são os satélites.

2.3.2 Imagem Landsat7 ETM+

O produto satelitário Landsat 7 ETM faz parte de um programa da NASA, Agência Espacial Norte Americana, que é designado a obtenção de informações acerca da superfície terrestre e das regiões costeiras do planeta Terra. Ele foi desenvolvido especialmente para obter informações sobre o meio ambiente, monitorando mudanças populacionais em áreas urbanas, a retirada de cobertura vegetal global e incêndios florestais, estudos sobre florestas tropicais, entre outras aplicações (NASA, 2005).

Em 1987 a NASA colocou em órbita o sensor TM (Thematic Mapper) e foi sendo melhorado com o lançamento de novas versões do sistema, Landsat 4, 5, 6 e 7, sendo que o sistema 6 não chegou a operar por motivo de destruição do satélite durante o lançamento. O Landsat 7 foi lançado em 1999. A largura da faixa imageada é de 185 Km (MOREIRA, 2001).

Este sistema possui sete canais que correspondem ao visível, infravermelho, infravermelho próximo e termal, e ainda uma banda pancromática. A resolução espacial do sensor é de quinze metros para a banda pancromática e trinta metros para as demais.

Tabela 4: Características das bandas do sensor Landsat 7 TM

Fonte: NASA 2005, adaptado

Banda	Espectro Eletromagnético	Resolução (metros)	Características de uso
1	Visível do azul ao verde	30	Composição da cor real, sedimentos na água, desenvolvimento urbano, etc.
2	Visível verde	30	Composição da cor real
3	Visível vermelho	30	Composição da cor real
4	Infravermelho próximo	30	Vegetação/clorofila
5	Infravermelho médio	30	Umidade na vegetação/solo, diferenciação entre nuvens e neve, composição mineral das rochas.
6	Termal	30	Temperatura da superfície com amplitude térmica maior que 0.6 Celsius
7	Infravermelho	30	Umidade na vegetação/solo, composição mineral das rochas.
pancromática	Luz visível	15	Alta resolução do espectro visível

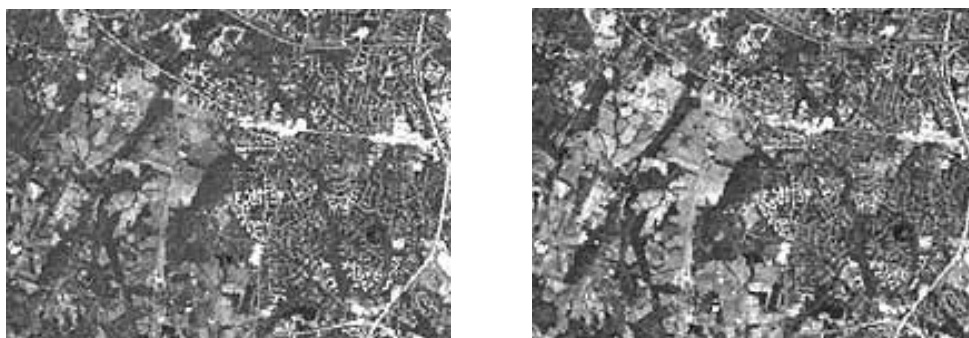


Figura 02: SatéliteLandsat7 Bandas 1 e 2 respectivamente

Fonte: NASA, 2005

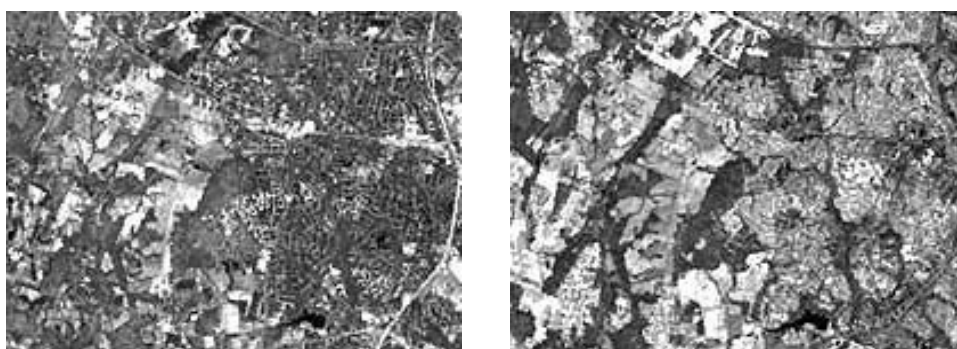


Figura 03: SatéliteLandsat7 Bandas 3 e 4 respectivamente

Fonte: NASA, 2005

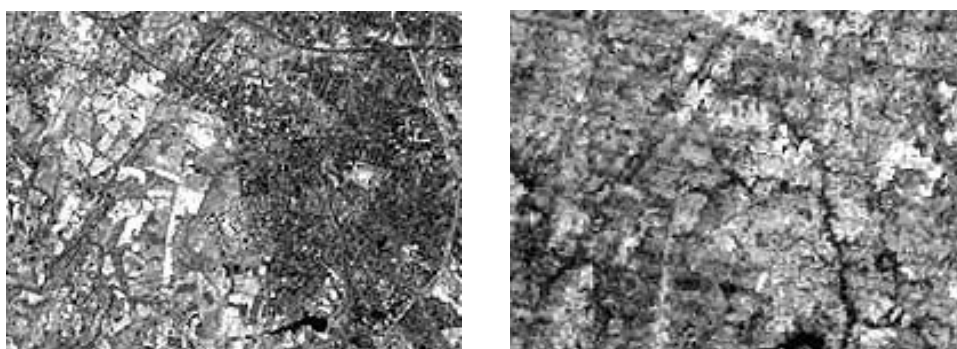


Figura 04: SatéliteLandsat7 Bandas 5 e 6 respectivamente

Fonte: NASA, 2005

Mello (2002) nos diz que a maior importância da utilização de imagens de satélite está na atualização do mapeamento. Por exemplo, as alterações rápidas que ocorrem no meio urbano e rural, podem ser atualizadas mais rapidamente.

2.4 Cartografia

A Associação Internacional Cartográfica define a cartografia como sendo a arte, a ciência e a tecnologia de se fazer mapas juntamente com estudos científicos de documentos e trabalhos de arte. Neste contexto, pode-se incluir todos os tipos de mapas, plantas, gráficos e seções, modelos tridimensionais e a representação da Terra ou de um corpo celestial em alguma escala (DENT, 1996).

Robinson et all (1995) descreve a cartografia como a elaboração e o estudo de mapas em todos os aspectos, sendo que a representação gráfica dos fenômenos geográficos é o que se denomina mapa. Para o autor, a cartografia é um importante ramo dos gráficos sendo um meio extremamente eficiente de manipulação, análise e expressão de idéias, formas e relações que ocorrem no espaço bi e tridimensional.

Nascimento (1994) citando Bakker (1965) diz que a cartografia pode ser considerada como a ciência e a arte de representar graficamente a superfície da Terra. A cartografia é vista como ciência porque requer precisão, utilizando-se de outras ciências para alcançar este fim, como astronomia, matemática, geodésia e topografia. Também é arte porque se necessita de clareza e simplicidade na representação através de símbolos, onde se procura atingir o ideal artístico da beleza.

Para o IBGE (2004) o processo cartográfico, partindo da coleta de dados, envolve estudo, análise, composição e representação de observações, de fatos, fenômenos e dados pertinentes a diversos campos científicos associados a superfície terrestre.

Os produtos cartográficos têm sido muito utilizados para diagnósticos e avaliações do meio ambiente, tanto na localização e determinação da extensão de impactos ambientais, quanto em estudo de aptidão e uso de solos, na resolução de áreas de interesse ecológico, cultural e arqueológico, em zoneamentos, etc. A técnica consiste na elaboração de uma série de cartas temáticas que podem ser sobrepostos e dão informações que orientam os estudos sobre o meio, elas podem reproduzir uma síntese da situação ambiental de uma determinada área geográfica (BASTOS & ALMEIDA, 2002).

2.4.1 Cartografia Temática e CTM para análise ambiental

Dentro da cartografia, desenvolveu-se a cartografia temática no fim do século XVIII e início do século XIX. Esta representação gráfica que é o mapa temático tem por princípio transcrever três razões fundamentais: a diversidade, a ordem e a proporcionalidade entre os objetos por relações visuais (MARTINELLI, 2003).

Dent (1996) afirma que a função de todos os mapas temáticos é o de ilustrar as “características estruturais de alguma distribuição geográfica particular”, incluindo o mapeamento de fenômenos físicos ou culturais ou ainda idéias abstratas sobre eles.

Nos dias atuais com a utilização cada vez mais imprescindível de componentes de informática, a cartografia temática tornou-se um importante aliado na busca de subsídios à tomada de decisão. Isto se deve ao fato de se envolver a coleta, armazenamento, recuperação, análise e apresentação de informações acerca do território.

Neste ponto, ele se torna base para a elaboração, implementação e gerenciamento de um Cadastro Técnico Multifinalitário - CTM, uma vez que ele deve ser entendido como um sistema de registro da propriedade imobiliária de forma geométrica e descritiva devendo as informações ser posicionadas espacialmente sobre a superfície terrestre global da área de interesse (BLACHUT, 1974).

Loch (2001) nos diz que um dado ou uma informação de uma área ou região contém pouco significado caso não esteja posicionado espacialmente.

Como a análise ambiental baseia-se no estudo, interpretação do meio e suas inter-relações a cartografia temática e o CTM apresentam-se como ferramentas excepcionais à sua realização.

2.4.2 Cartografia Digital

Segundo Martinelli (2003) a ciência dos mapas não pode ser vista fora do conceito da era da informação onde há necessidade de se unir a técnica de cartografia, análise, comunicação e tecnologias computacionais. A cartografia

digital ou computadorizada possibilita uma cartografia dinâmica com maior interação das informações espaciais.

O mesmo autor salienta, no entanto, que o processo cognitivo presente na cartografia necessita incontestavelmente do cérebro humano para o reconhecimento de padrões e relações espaciais o que aproxima a cartografia moderna da atual.

Sato (1996) afirma que cartografia digital é o processamento digitalizado de dados que envolvem: a imagem digital, a concepção de objetos, a vetorização, a scannerização (varredura), a rasterização (digitalização matricial de imagens), entre outros. Para o processamento dos dados digitais utiliza-se de sistemas CAD (Computer Aided Design) e os SIG's (Sistemas de Informações Geográficas).

2.4.3 Base Cartográfica

Martinelli refere-se à base cartográfica como sendo a cartografia topográfica que é referência para acomodar outros temas cartográficos. Ela envolve aspectos específicos quanto à escala, orientação, projeção, rede geográfica, meridiano central, seleção dos elementos planimétricos e altimétricos, pontuais, lineares, zonais, impondo muitas vezes generalizações.

Idoeta & Cintra (2002) dizem que uma base cartográfica, para fins de engenharia, pode ser entendida como a representação de uma região do território no que diz respeito ao relevo, à drenagem natural, e ao sistema viário, com exatidão adequada a cada escala de representação. As Bases Cartográficas que constituem o Sistema Cartográfico Brasileiro, cujas escalas vão desde a carta do Brasil ao milionésimo até a escala 1:25 000, passando pelas escalas 1:500 000, 1:250 000, 1:100 000 e 1:50 000, possuem um denso conteúdo de informações para atividades gerais.

As diretrizes e bases para a cartografia brasileira estão fixadas em Lei pelo Decreto Lei nº. 243 de 28/02/1967 e suas instruções e normas encontram-se no decreto Lei nº. 89.817 que se denomina "*Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional*" de 20 de junho de 1984 (PEREIRA et all, 2002).

A organização de dados relacionada à base cartográfica constitui o ponto de partida de qualquer representação gráfica em mapa (MARTINELLI, 2003).

Por exemplo, para se gerar um mapa sobre recursos minerais do estado de São Paulo, necessitamos primeiramente de um mapa base com hidrografia e demais elementos que possam subsidiar a localização dos recursos minerais (MARTINELLI, 2003 a).

3 CAPÍTULO - MATERIAL E MÉTODO

O método *dedutivo* foi utilizado para desenvolver conceitualmente este trabalho, partindo-se de teorias e leis para observar os fenômenos particulares (MARCONI & LAKATOS, 2001), ou seja, parte de um âmbito geral para um mais particular.

Sob esta perspectiva, buscou-se coletar dados e informações acerca da Bacia Hidrográfica do Arroio Fundo objeto desta metodologia.

As análises dedutivas realizadas são subjetivas uma vez que depois de constatados os fenômenos eles são analisados de acordo com as percepções de quem a realiza.

3.1 Material de Pesquisa

A empresa ITAIPU cedeu à UFSC o material que possuía com informações da área de estudo. Utilizou-se para esta pesquisa os materiais que seguem abaixo:

Tabela 5: Material Utilizado

Base Cartográfica	Imagem de Satélite
Empresa: COPEL	Sensor: Landsat TM7
Ano: 1996	Data aquisição: 25/05/2002
Escala 1:25 000	Órbita ponto: 224-077
Execução: DSG	Horário: 13:24 hs
	Ângulo azimuth: 37,816
	Elevação solar: 34,39

3.1.1 Base cartográfica

A base cartográfica digital da empresa COPEL, é composta de vinte e cinco cartas sendo que 13 cartas utilizam o sistema projeção UTM – Universal Transversor Mercator, no fuso 21 e 12 cartas utilizam o mesmo sistema de projeção mas estão no fuso 22 (Tabela 4). Isto significa que a área de influência da ITAIPU localiza-se em área de mudança de fusos ao utilizar-se este sistema de projeção.

Tabela 6: Relação de cartas da COPEL

FUSO 21 – 13 CARTAS	FUSO 22 – 12 CARTAS
MI 2847-1	MI 2833-0
MI 2846-2	MI 2833-1
MI 2832-4	MI 2817-3
MI 2832-3	MI 2817-2
MI 2832-2	MI 2817-1
MI 2832-1	MI 2800-4
MI 2831-4	MI 2800-3
MI 2816-4	MI 2800-1
MI 2816-3	MI 2779-4
MI 2816-2	MI 2779-3
MI 2816-1	MI 2779-2
MI 2778-4	MI 2779-1
MI 2778-2	

Os arquivos recebidos foram analisados pela equipe de profissionais do Laboratório de Fotogrametria envolvidos no projeto desenvolvido em parceria com a ITAIPU, onde se buscou descrever o conteúdo de cada layer dos arquivos de extensão *dxg* que compõe a base.

3.1.2 Imagem Landsat TM

Foram fornecidas as bandas 1 à 7 do sensor LandSat TM7, georreferenciadas no sistema de coordenadas UTM, fuso 21.

Tabela 7: Informações sobre imagem Landsat

Órbita - ponto	Data imageamento	Horário passagem	Azimute solar	Elevação solar
224-077	02/05/2002	13:24	37,816	34,39

3.1.3 Softwares

Os softwares utilizados para o desenvolvimento deste trabalho foram o ArcGIS 8.3, ENVI 3.6 e MicroStation V8.

O ArcGIS 8.3 é um software desenvolvido para a montagem de Sistemas de Informação Geográfica, com grande aceitação comercial no mercado brasileiro.

ENVI 3.6 é utilizado para o processamento digital de imagens de satélite de fácil manuseio e amigabilidade.

O CAD MicroStation V8 foi projetado desde suas primeiras versões para trabalhar com projetos cartográficos, diferentemente de outros CAD's que foram projetados para projetos arquitetônicos e posteriormente adaptados para tal desempenho.

Os softwares tiveram suas licenças adquiridas pelo Laboratório de Fotogrametria Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento da UFSC, fator determinante para sua utilização nesta pesquisa.

3.2 Método

As principais etapas para do desenvolvimento metodológico deste trabalho são:

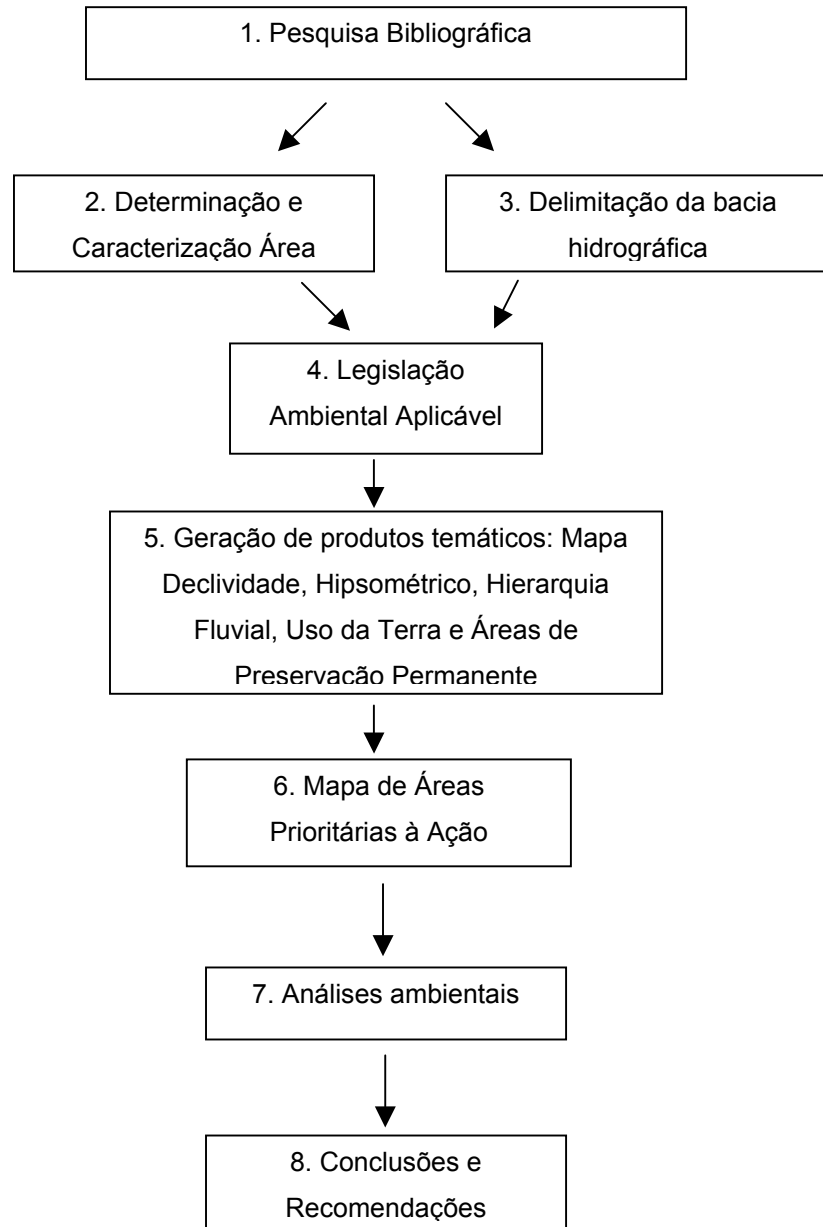


Figura 05: Fluxograma de Atividades

1. Pesquisa Bibliográfica: Corresponde à pesquisa de artigos, livros e demais publicações relativos ao tema da pesquisa, na busca de embasamento técnico e científico;
2. Determinação e Caracterização da Área de Estudo: A determinação da área de estudo deu-se em função de ter material disponível como imagem de satélite e base cartográfica além das informações físicas e ambientais como clima, relevo, hidrografia, população, entre outros;

3. Delimitação da Bacia Hidrográfica: através da base cartográfica digital da empresa COPEL, empresa concessionária de energia elétrica que atua no estado do Paraná, obteve-se as curvas de nível de 10 em 10 metros com as quais delimitou-se a bacia hidrográfica;
4. Legislação Ambiental aplicável: a legislação ambiental aplicável a pesquisa foi extraída de órgãos oficiais como ministério do meio ambiente e instituto ambiental do Paraná, e serviram como embasamento à delimitação de áreas de preservação;
5. Geração de mapas temáticos: Através dos arquivos vetoriais utilizados para a delimitação da bacia (curvas de nível e pontos cotados) foram gerados mapas hipsométricos e de declividade. O hipsométrico corresponde à representação do relevo por curvas de nível numa ordem visual crescente, o qual utiliza um diagrama de cores para facilitar sua compreensão visual (Martinelli, 2003). Já o de declividade, que corresponde à inclinação da superfície em relação ao plano horizontal (INPE, 2004), foi gerado pela atribuição de intervalos de valores de declividade que formam as classes. A rede hidrográfica foi extraída da base cartográfica citada anteriormente, enquanto o mapa de uso da terra foi obtido através do processamento digital de uma imagem de satélite Landsat TM7 com a composição infravermelha RGB432;
6. Determinação de áreas prioritárias: cruzando-se os mapas acima descritos, embasados nos estudos relativos à legislação ambiental, obteve-se o mapa com a determinação das áreas de interesse legal. Estas áreas são prioritárias para ação ambiental visando adequação às exigências legais. Esta manipulação de dados e informações foi realizada com o auxílio do software ArcGIS 8.3;
7. Análise: a análise realizada baseou-se nas características físicas e ambientais da área de estudo;
8. Conclusões e Recomendações: em função das características observadas nas análises gerou-se conclusões e recomendações quanto ao uso da imagem de satélite Landsat 7, quanto a cartografia temática como ferramenta de análise ambiental, entre outros.

3.3 Delimitação da Bacia Hidrográfica

A primeira providência foi delimitar a unidade de trabalho, ou seja, a bacia hidrográfica. Para tanto, utilizou-se das curvas de nível constantes nos arquivos da base cartográfica digital como seguem abaixo:

Tabela 8: Base Cartográfica Utilizada

Nº Carta	Fuso (UTM)	Datum	Tipo dados vetoriais	Ano	Arquivos
281620	21	SAD 69	Curvas de nível, pontos cotados e rede hidrográfica.	1996	281620ra.dwg 281620rh.dwg
281710	22	SAD 69	Curvas de nível, pontos cotados e rede hidrográfica.	1996	281710ra.dwg 281710rh.dwg

Conforme a tabela acima, percebe-se que a área de estudo encontra-se em limite de fusos de acordo com a projeção UTM. Fez-se necessário a utilização do software ArcGIS 8.3 para estruturar-se os dados no mesmo fuso.

É necessário primeiro, no entanto, adicionar os arquivos no formato dxf como temas dentro de um projeto novo e salvá-los no formato shape. Ao adicionar-se um arquivo dxf num mapa novo, ele abre todas as feições no formato em que foram gerados no seu arquivo original, textos, pontos, polilinhas e polígonos. Para delimitação da bacia foram utilizados somente os arquivos de curva de nível em polilinhas e os pontos cotados em forma de pontos. Estes são os arquivos que devem ser exportados para o formato shape como mostra a figura que segue:

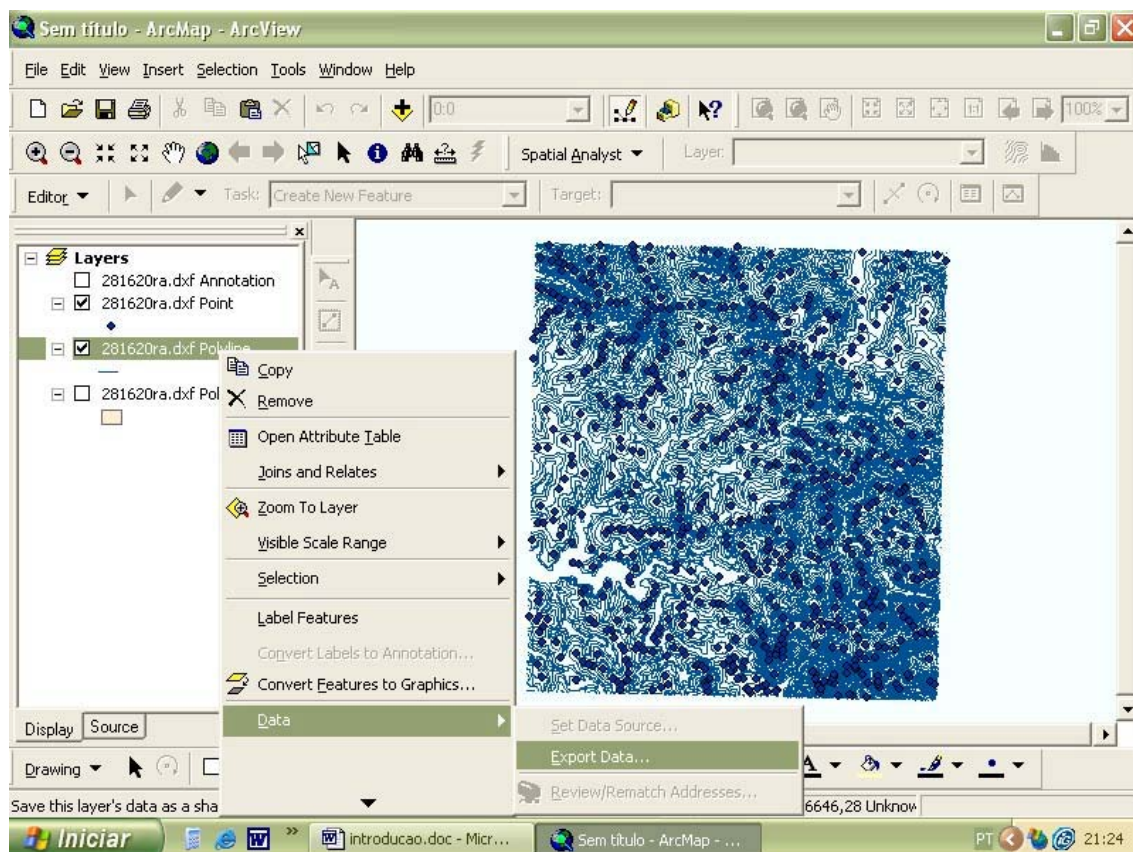


Figura 06: Exportar dado em formato dxf para shape

Depois de exportadas, as curvas de nível e pontos cotados, das duas cartas citadas na tabela 8, é necessário atribuir-se a eles seu sistema de projeção. A carta 281620 deve ficar no fuso 21 e a 281710 no fuso 22 no ArcToolbox. Uma observação é que os arquivos exportados para o formato shape não podem estar ativos quando se atribui a ele o sistema de projeção.

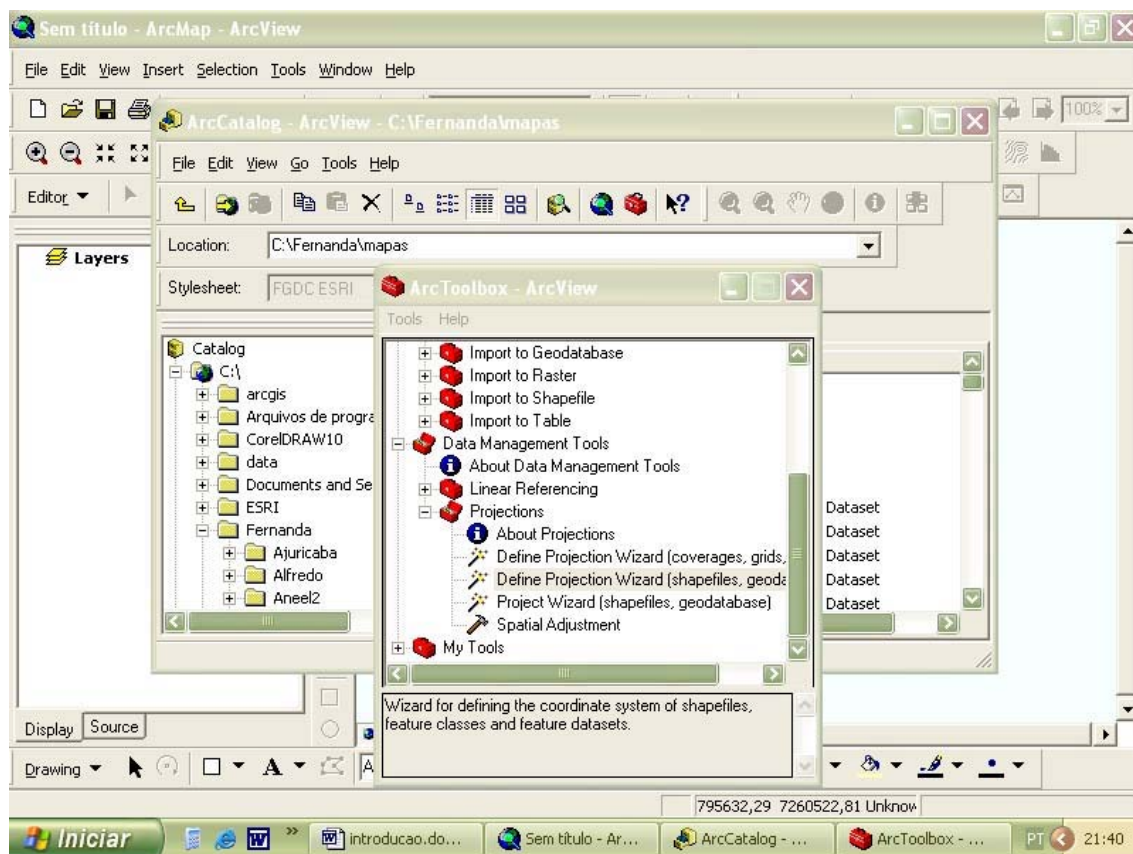


Figura 07: Define projeção do arquivo

A próxima etapa consiste em converter o sistema de coordenadas de uma das cartas para o da outra que foi escolhida como referência. Neste caso, a carta do fuso 22 foi convertida para o fuso 21, já que a maior parte da área de estudo encontra-se no fuso 21.

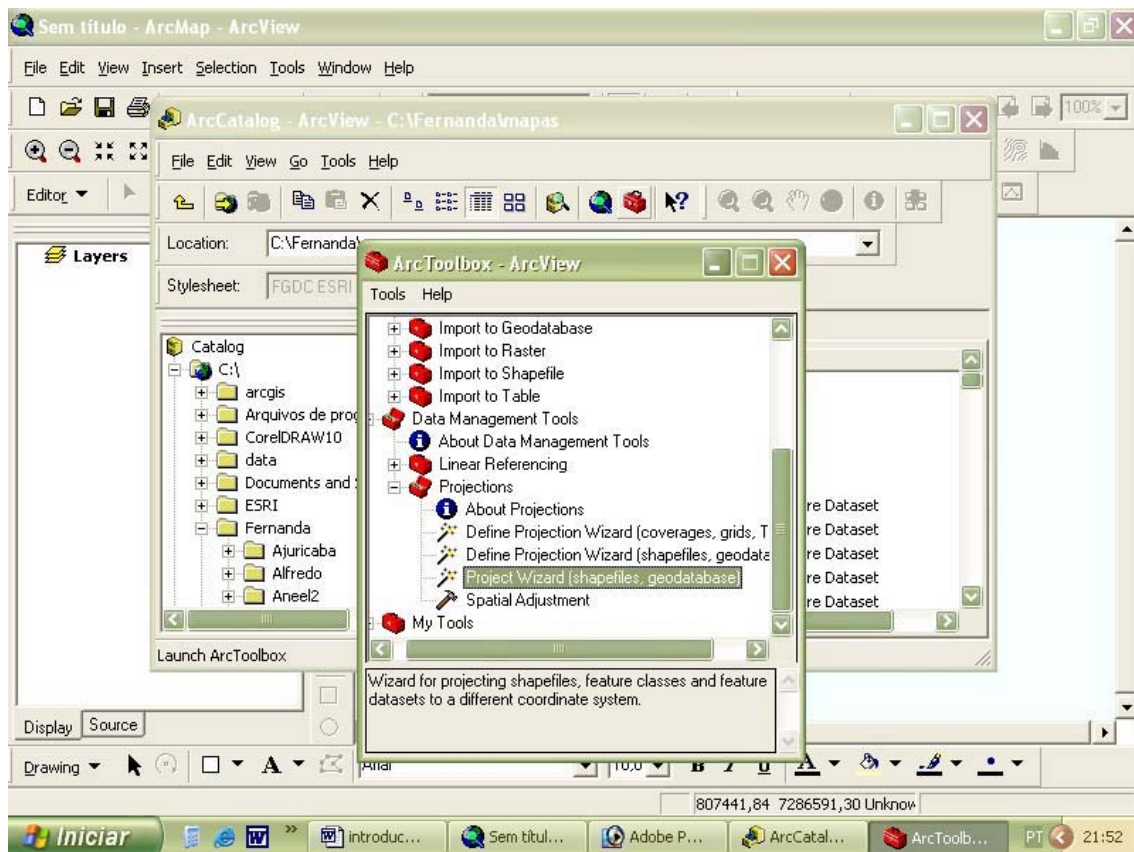


Figura 08: Conversão de fusos

A partir desta etapa é possível adicionar-se os arquivos do formato shape num mesmo mapa, aparecendo as cartas justapostas.

Utilizando-se de uma ferramenta de geoprocessamento uniu-se os shapes que representavam as mesmas feições, por exemplo, uniu-se as curvas de nível das duas cartas num arquivo shape e os pontos cotados noutra arquivo shape.

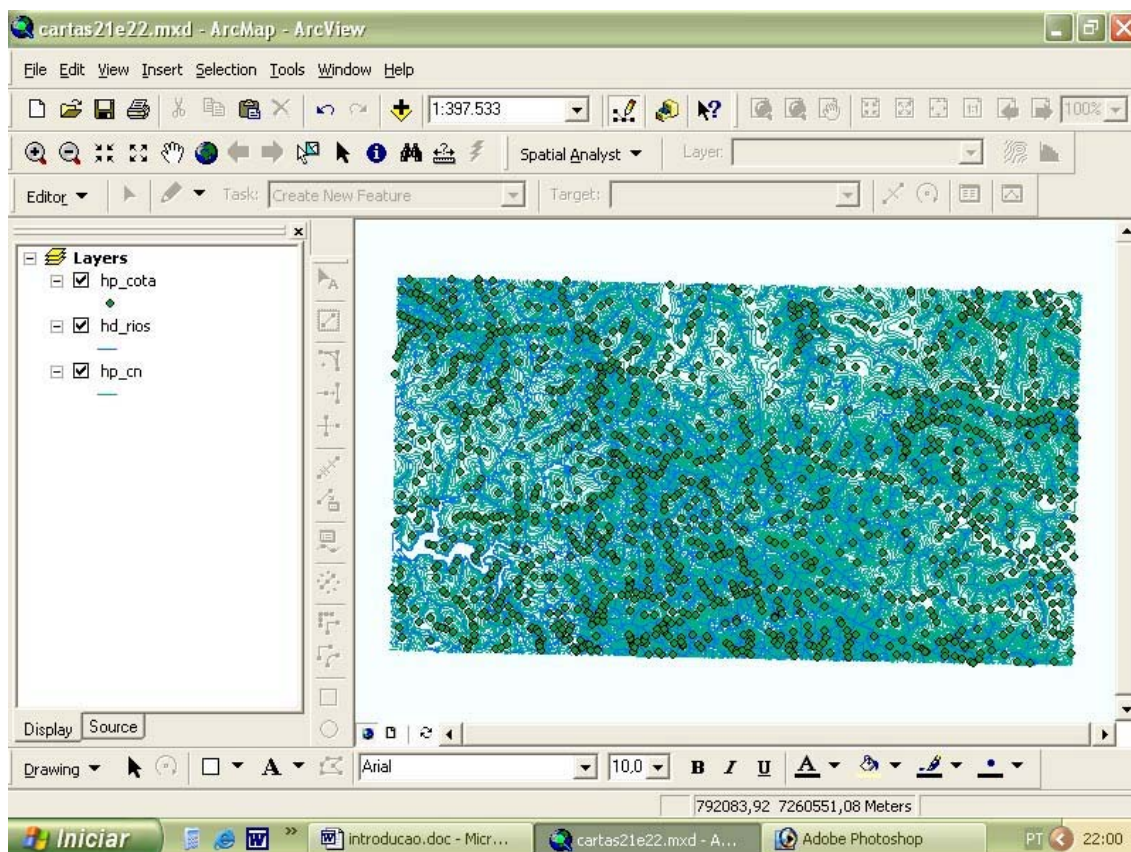


Figura 9: Cartas justapostas no fuso 21

Após, criou-se um arquivo shape novo no ArcCatalog, onde se digitalizou a bacia a partir das curvas de nível, sobrepostos à hidrografia, que sofreu o mesmo procedimento de transformação de fusos. Ao se criar o novo shape é necessário selecionar que tipo de feição ele irá conter e qual será seu sistema de projeção como mostra abaixo:

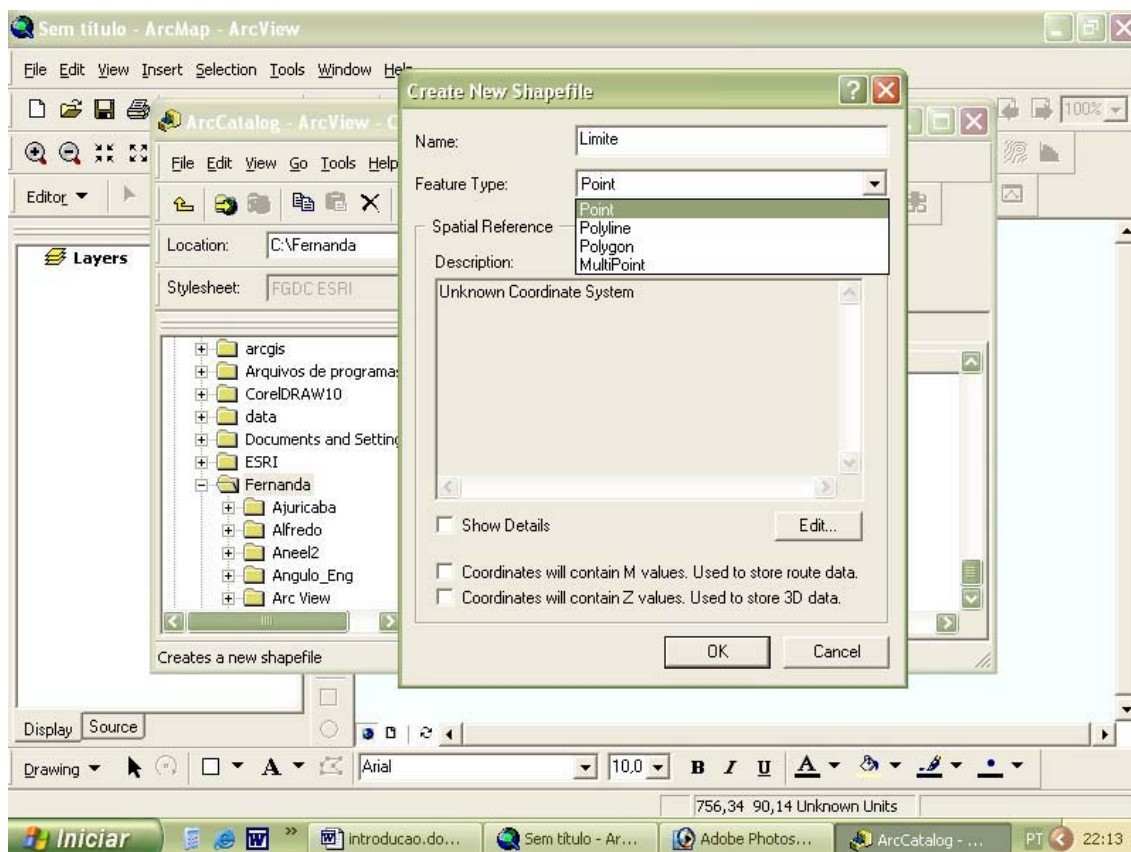


Figura 10: Criação de novo shape

Para editar o shape e poder delimitar a bacia foi usada a barra de ferramentas denominada 'Editor' do ArcGIS.

Uma vez delimitada a área de estudo, cortou-se ou 'clipou-se' (figura 11), como se usa no vocabulário do usuário, as curvas de nível e pontos cotados que compõe a bacia hidrográfica. Isto é feito através de uma ferramenta de geoprocessamento como mostra a figura abaixo:

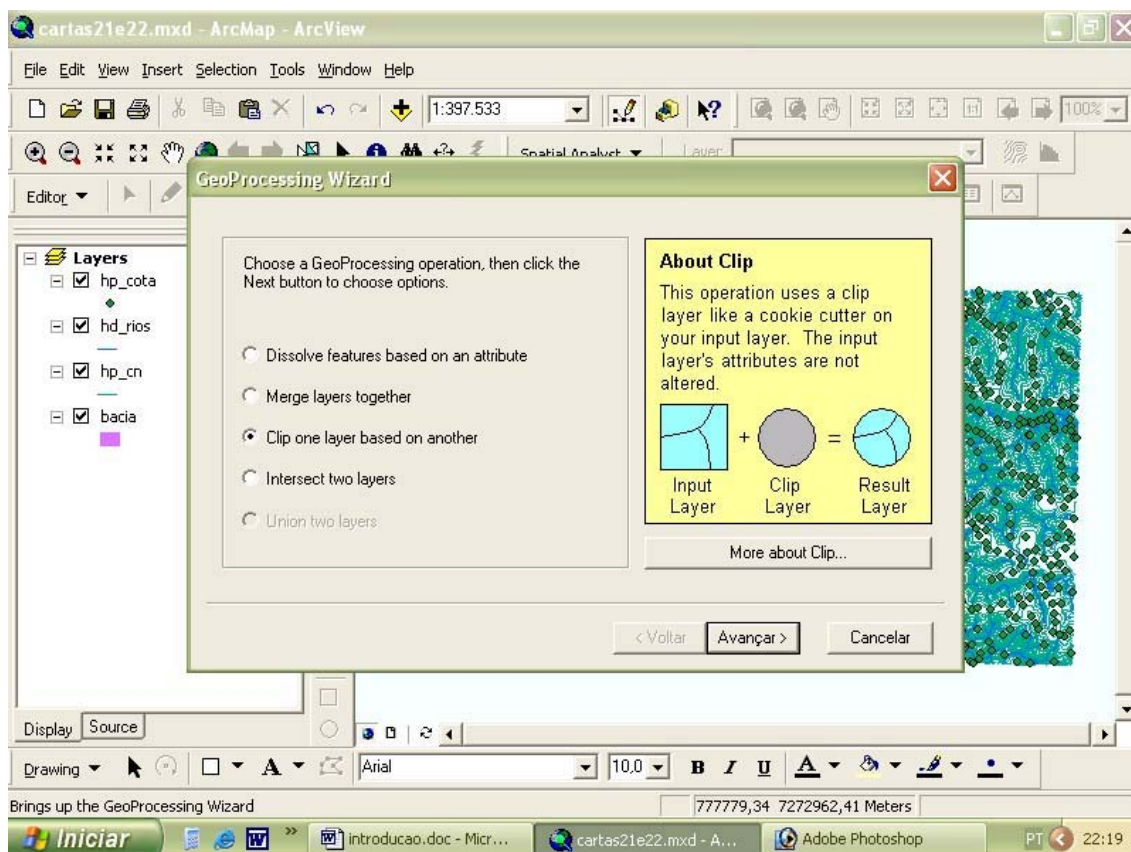


Figura 11: Ferramenta utilizada para “clipar” as feições.

Seguindo-se o procedimento acima descrito, obteve-se por fim, os limites da bacia hidrográfica do Arroio Fundo.

3.4 Geração de Mapas Temáticos

Para dar embasamento às análises da área de estudo, foram gerados mapas temáticos quanto à hierarquização fluvial, declividade, hipsometria, uso da terra, áreas de preservação permanente e áreas de interesse legal.

3.4.1 Hierarquização Fluvial

Para gerar o mapa temático relativo à hierarquia fluvial ou a ordem da bacia hidrográfica, adotou-se a proposta de Arthur N. Strahler de 1952. Esta classificação diz que os menores canais, sem tributários, são considerados de

primeira ordem, estendendo-se da nascente até a confluência, a união de dois canais de primeira ordem origina um de segunda ordem, por sua vez da união de dois canais de segunda ordem surge um de terceira e assim sucessivamente (Figura 12).

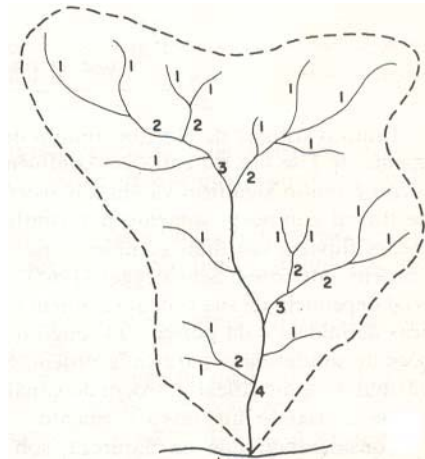


Figura 12: Hierarquia Fluvial
Fonte: CHRISTOFOLETTI, 1980

O mapa foi gerado utilizando-se o limite da bacia e a rede de drenagem. Obedecendo-se à hierarquia acima descrita, denominou-se cada curso d'água com números cardinais como demonstrado abaixo:

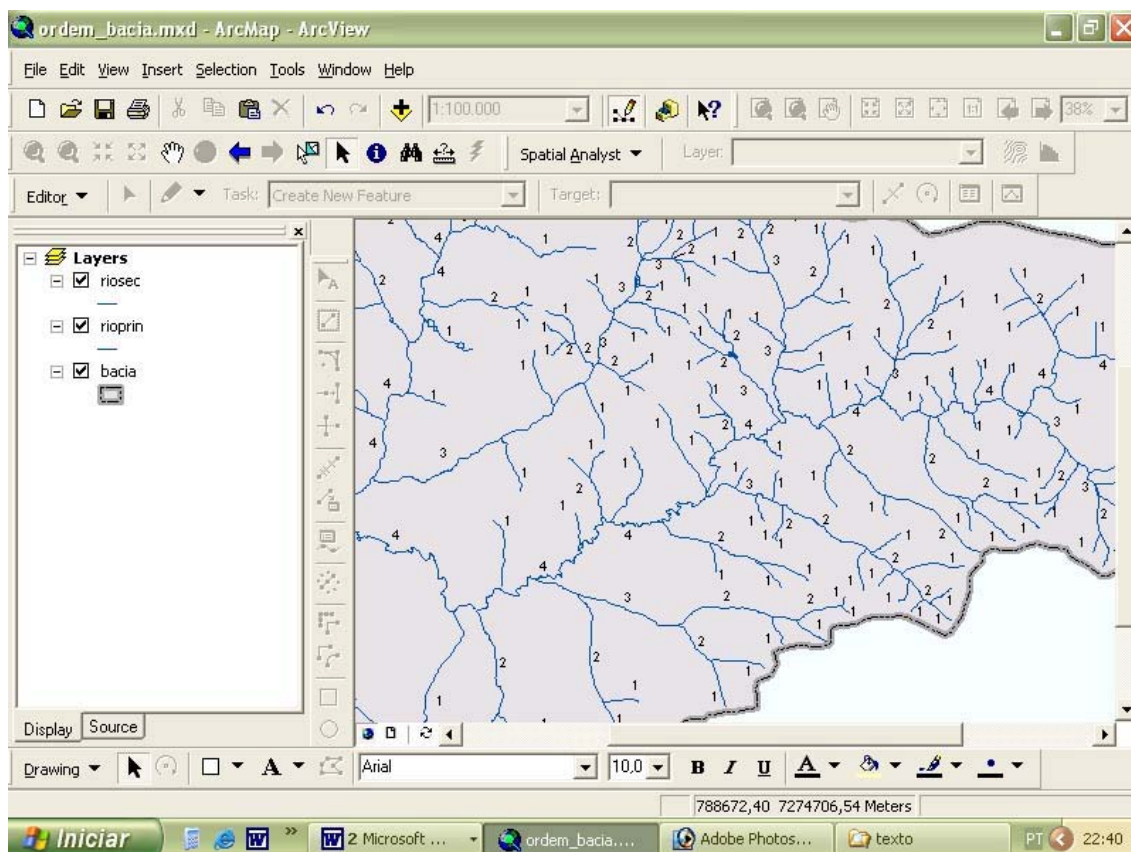


Figura 13: Hierarquia fluvial da bacia

Os números foram digitados um a um com fazendo uso da barra de ferramentas *Draw* do ArcGIS.

3.4.2 Mapa Hipsométrico

Os dados utilizados para geração do mapa hipsométrico foram os pontos cotados obtidos da junção das cartas da base cartográfica. Para garantir que não faltariam pontos nos limites da bacia hidrográfica, em função da localização dos pontos cotados, optou-se por criar um *buffer* de largura igual a um quilômetro, ou seja, ampliar o limite da bacia, numa faixa de um quilômetro a mais. A ferramenta utilizada para criar o *buffer* está exposta na figura que segue:

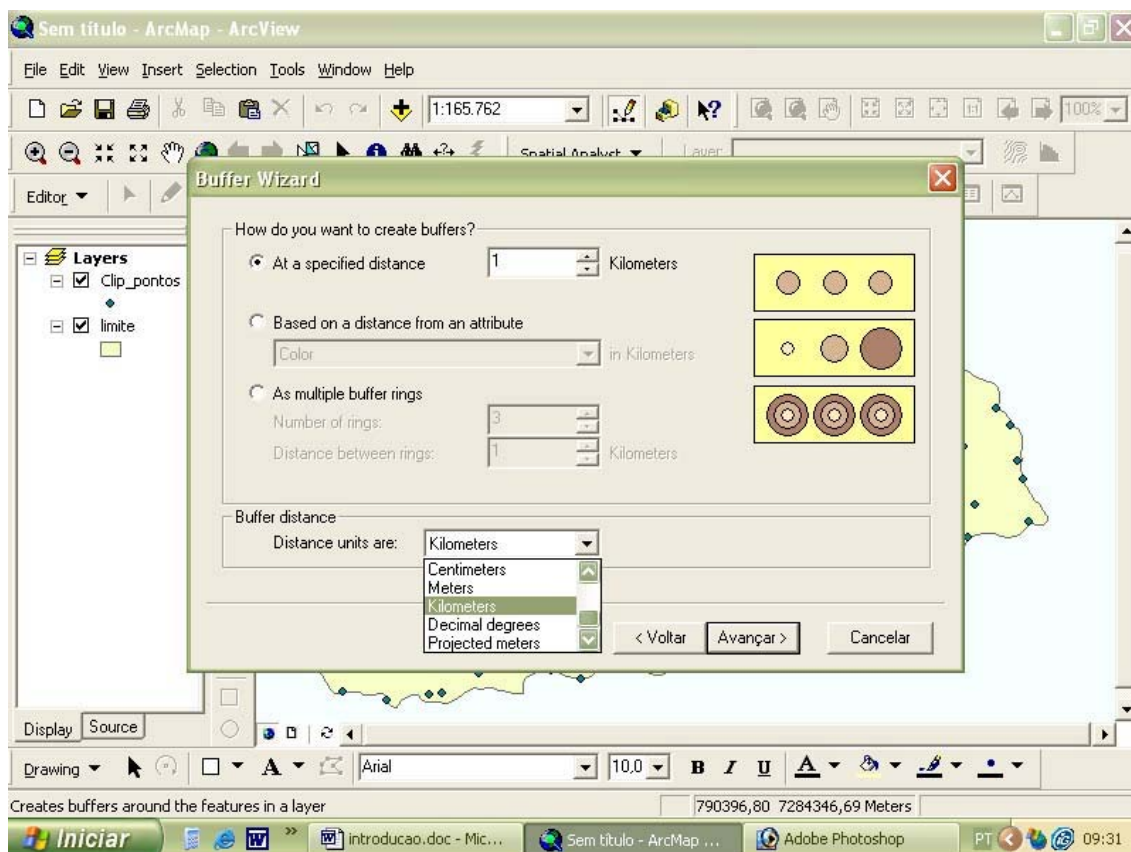


Figura 14: Como criar o buffer

Depois de criado o *buffer* do shape limite da bacia, adicionou-se novamente todos os pontos cotados que fazem parte da junção das cartas e utilizou-se a ferramenta *clip* como descrito no item 3.3.

Para criar o mapa hipsométrico necessita-se das cotas altimétricas de cada ponto. No entanto, a base cartográfica disponível possui coordenadas somente nos eixos 'x' e 'y'.

Foi preciso atribuir a cada ponto o valor da cota no eixo 'z', manualmente na tabela de atributos do arquivo shape. Então, o primeiro passo é abrir a tabela de atributos do arquivo de pontos inserir uma nova coluna (Figuras 15 e 16).

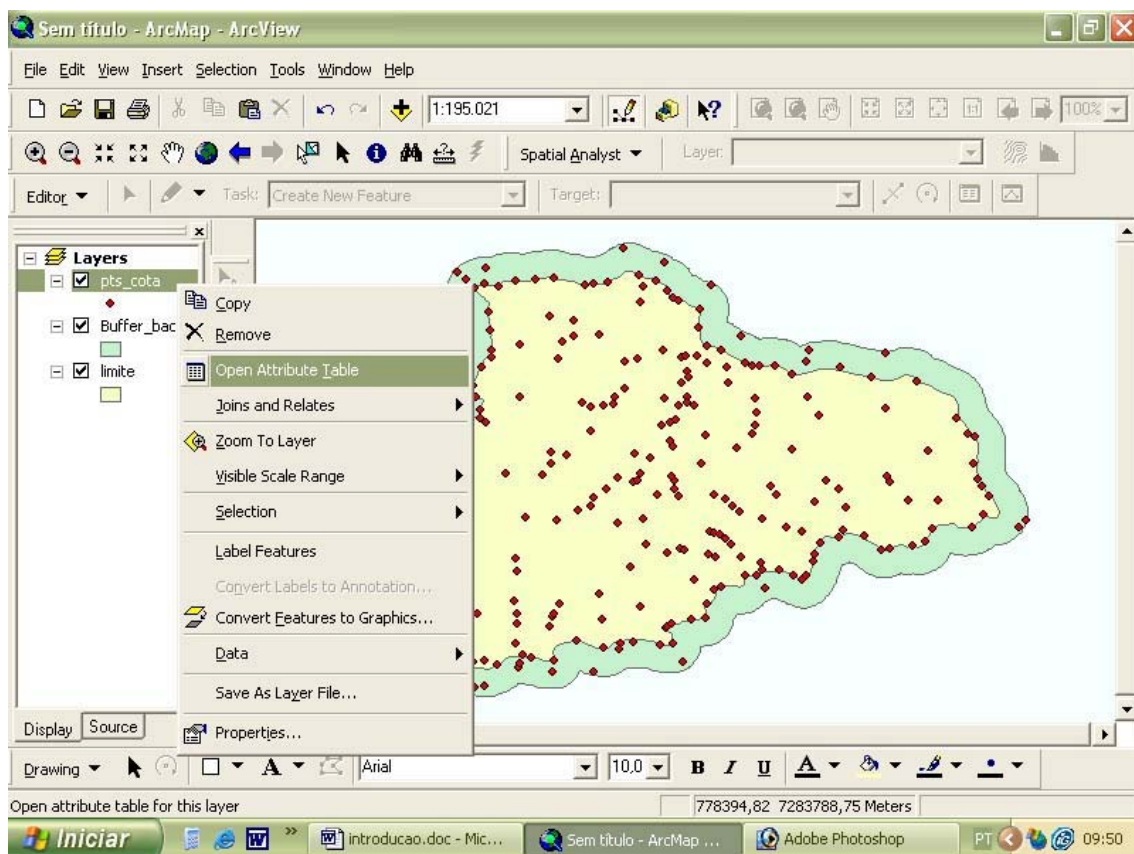


Figura 15: Abrir tabela de atributos

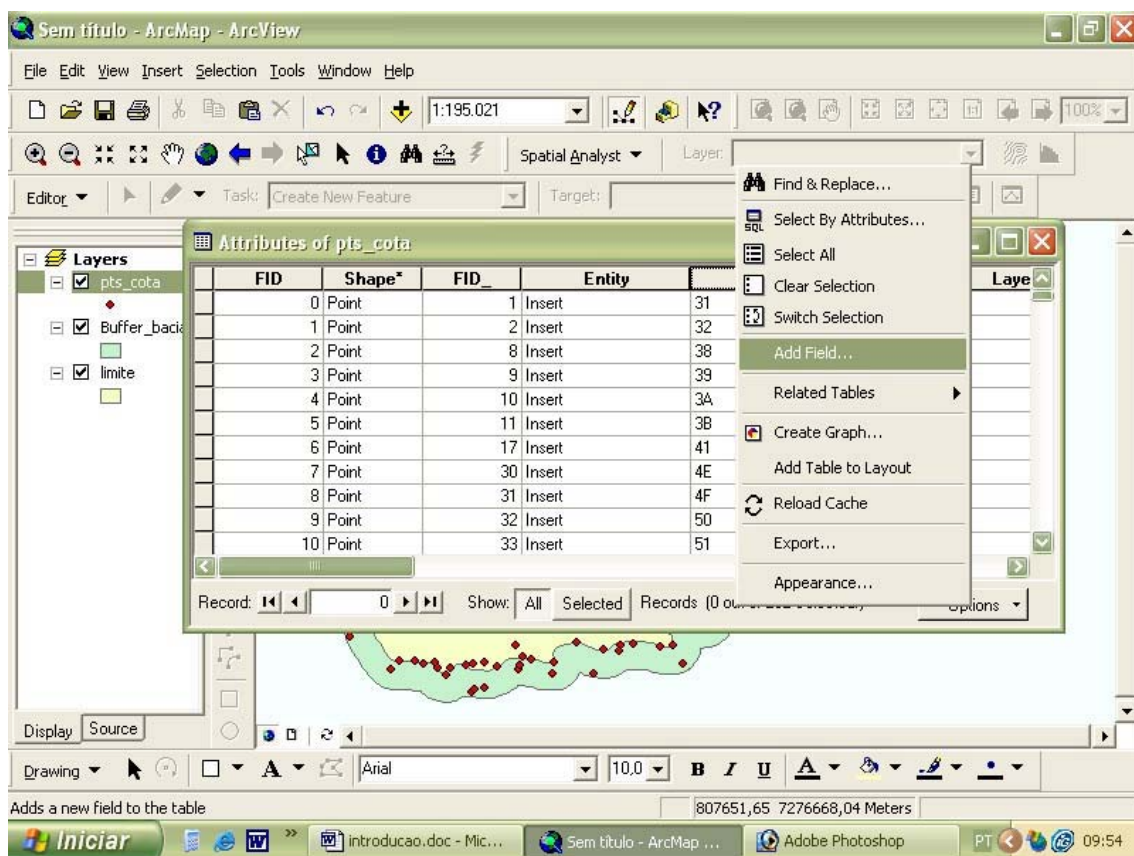


Figura 16: Adicionar coluna

A próxima etapa consiste em atribuir a cada ponto o valor que lhe cabe de acordo com a toponímia existente na base cartográfica digital. Os valores podem ser digitados diretamente na coluna, devendo-se anteriormente na barra de ferramentas editor selecionar o arquivo de pontos a ser editado.

Salva e encerrada a edição, deve-se criar o arquivo TIN ou a Grade Triangular. Segundo Scotton (2004), gerar o TIN é uma forma de representar o modelo numérico do terreno (MNT). Neste modelo composto por grades triangulares, os pontos cotados formam os vértices dos triângulos que formam a malha na forma vetorial. Utiliza-se a barra de ferramentas '3D Analyst' do ArcGIS para a geração do TIN como mostra a figura abaixo:

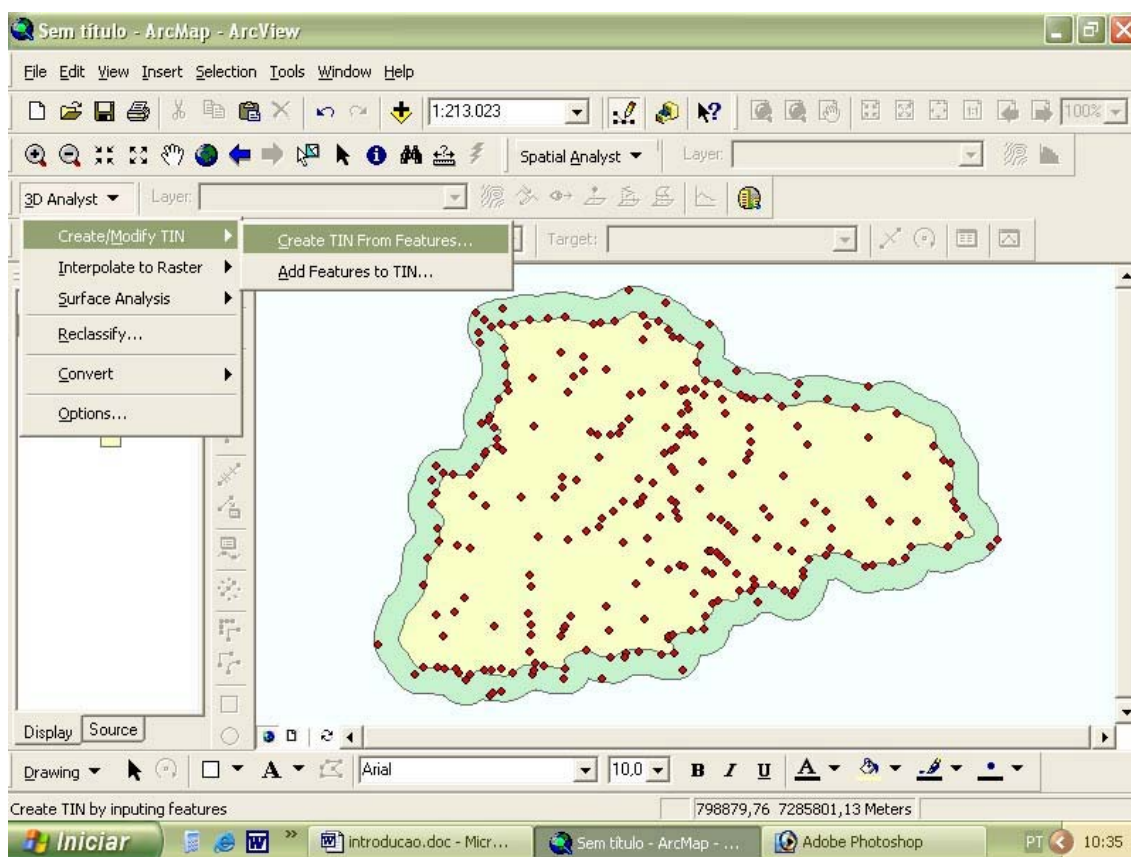


Figura 17: Geração do MNT por grade triangular

Depois de gerada a grade triangular ela deve ser convertida para raster na mesma barra de ferramentas acima ilustrada no item 'convert' como aparece na figura 17.

Depois de transformada em raster, deve-se definir as classes de declividade a constar no mapa. No caso da bacia em estudo percebeu-se que seu relevo é suave ondulado optando-se por determinar as classes em intervalos regulares de cinquenta metros. Obteve-se cinco classes de declividade que variam de duzentos e cinquenta, a maiores que quatrocentos e cinquenta metros de altitude. É realizado o processo de reclassificação dos pontos atribuídos às classes para otimizar o agrupamento dos dados, através da ferramenta reclassify disponível na barra de ferramentas Spatial Analyst abaixo demonstrada.

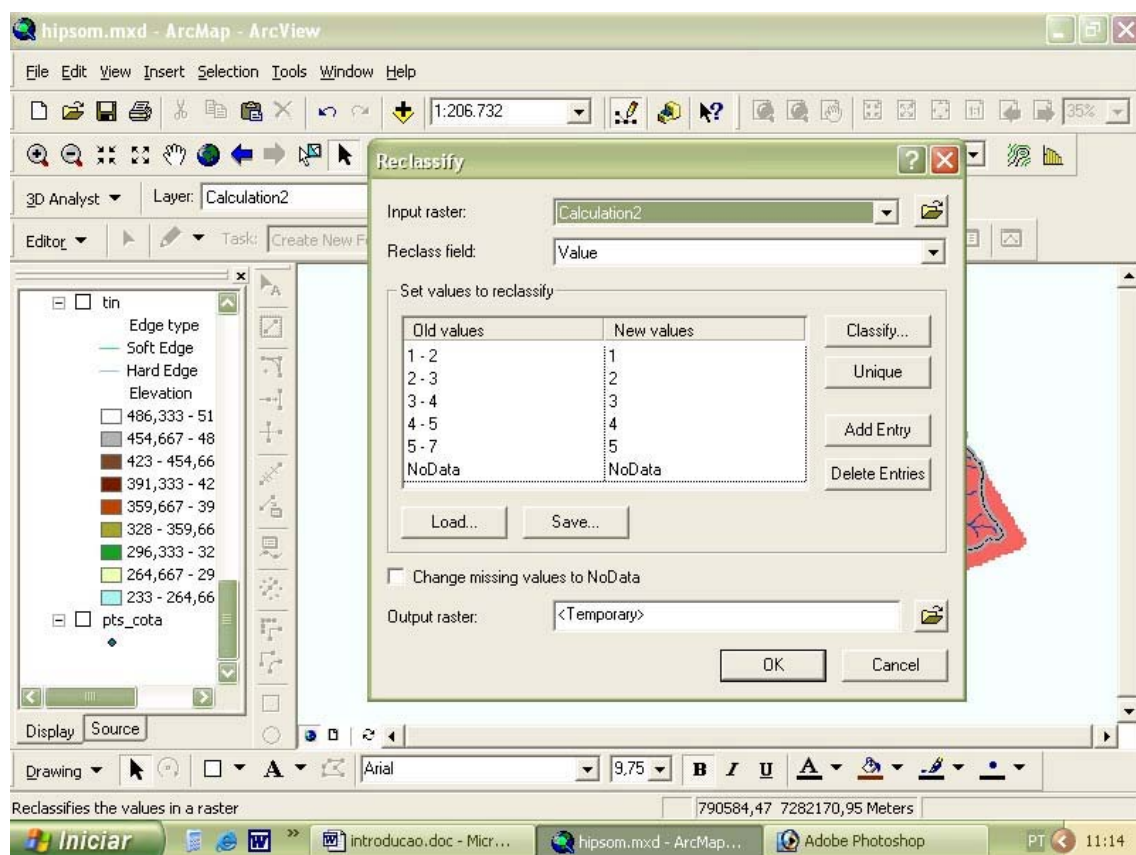


Figura 18: Ferramenta de reclassificação

Em função dos pontos cotados introduzidos no shape que estão além dos limites da bacia, no intuito de não haver falta de informação, agora se faz necessário cortar o arquivo raster das classes hipsométricas de acordo com o limite real. Como o arquivo do limite da bacia é no formato shape, foi preciso convertê-lo para raster para depois conseguir efetuar o corte. O processo de conversão é o mesmo descrito anteriormente para a conversão do TIN em

raster. Após, o arquivo do limite da bacia teve que ser reclassificado de modo que só contivesse uma única classe que varia do zero a um.

Com a ferramenta denominada raster calculator, do spatial analyst, multiplicou-se o arquivo raster das classes hipsométricas com o do limite (Figura 19).

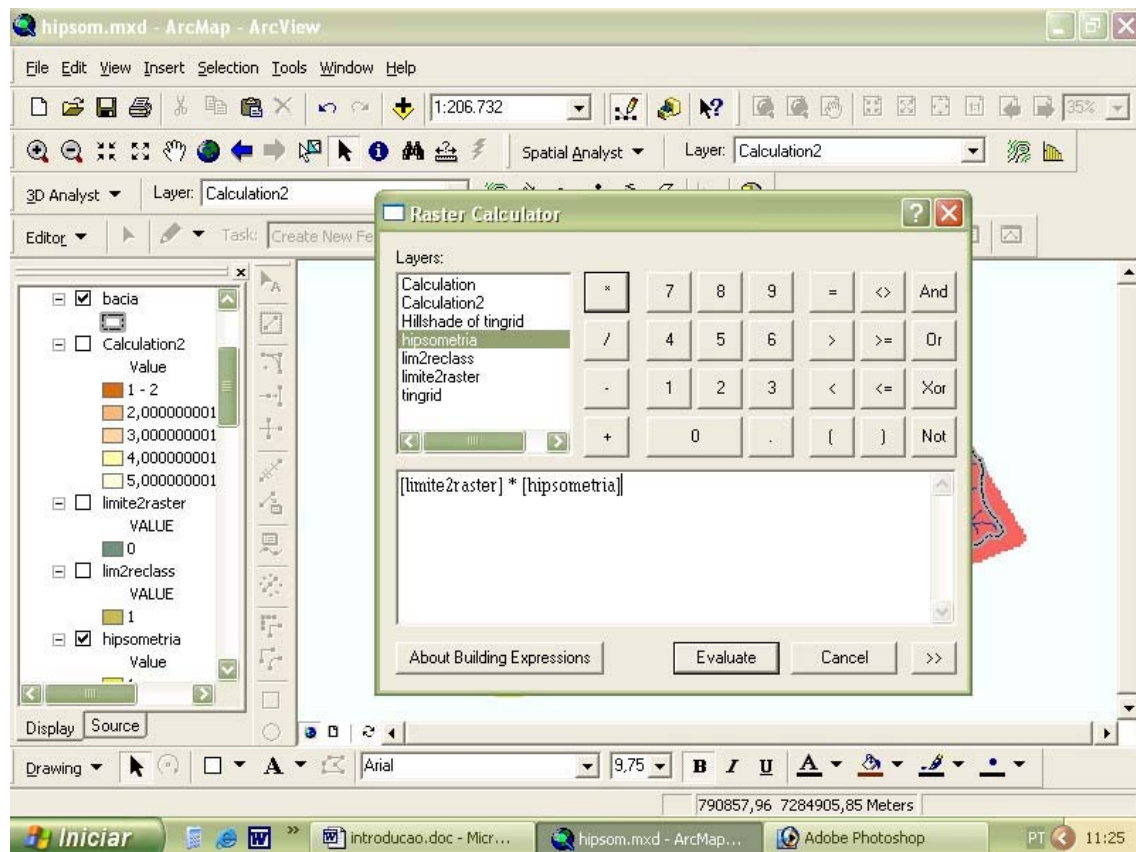


Figura 19: Multiplicação dos arquivos raster

Assim, obteve-se as classes hipsométricas contidas na bacia hidrográfica (Figura 20).

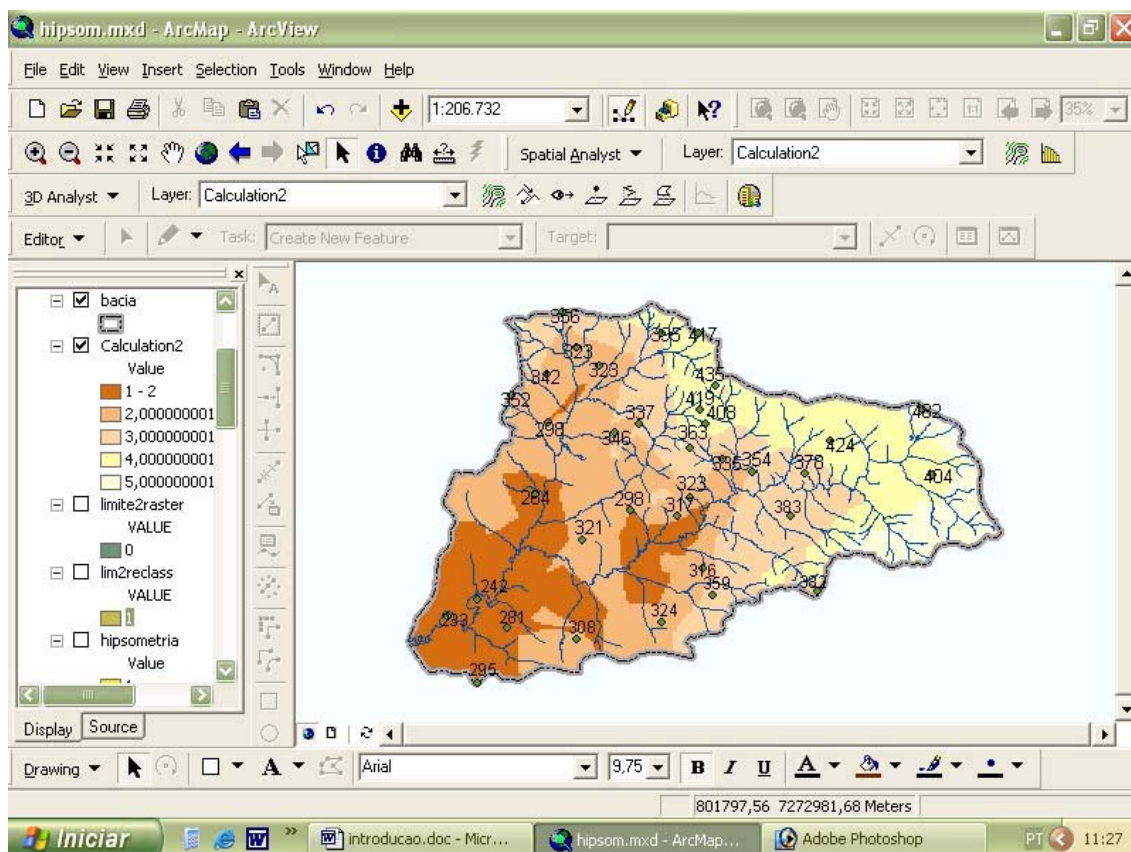


Figura 20: Hipsometria da bacia hidrográfica

3.4.3 Declividade

Para gerar o mapa de declividade, os procedimentos iniciais até a geração do arquivo TIN, são idênticos ao do mapa hipsométrico. Não houve necessidade então, de realizar os mesmos passos podendo-se utilizar os arquivos gerados na etapa anterior.

Após obter-se o arquivo TIN e tê-lo reclassificado, partiu-se para a geração da declividade da bacia hidrográfica do Arroio Fundo. A ferramenta *slope* que consta tanto na barra de ferramentas *spatial analyst* como na *3D analyst* podem ser usadas.

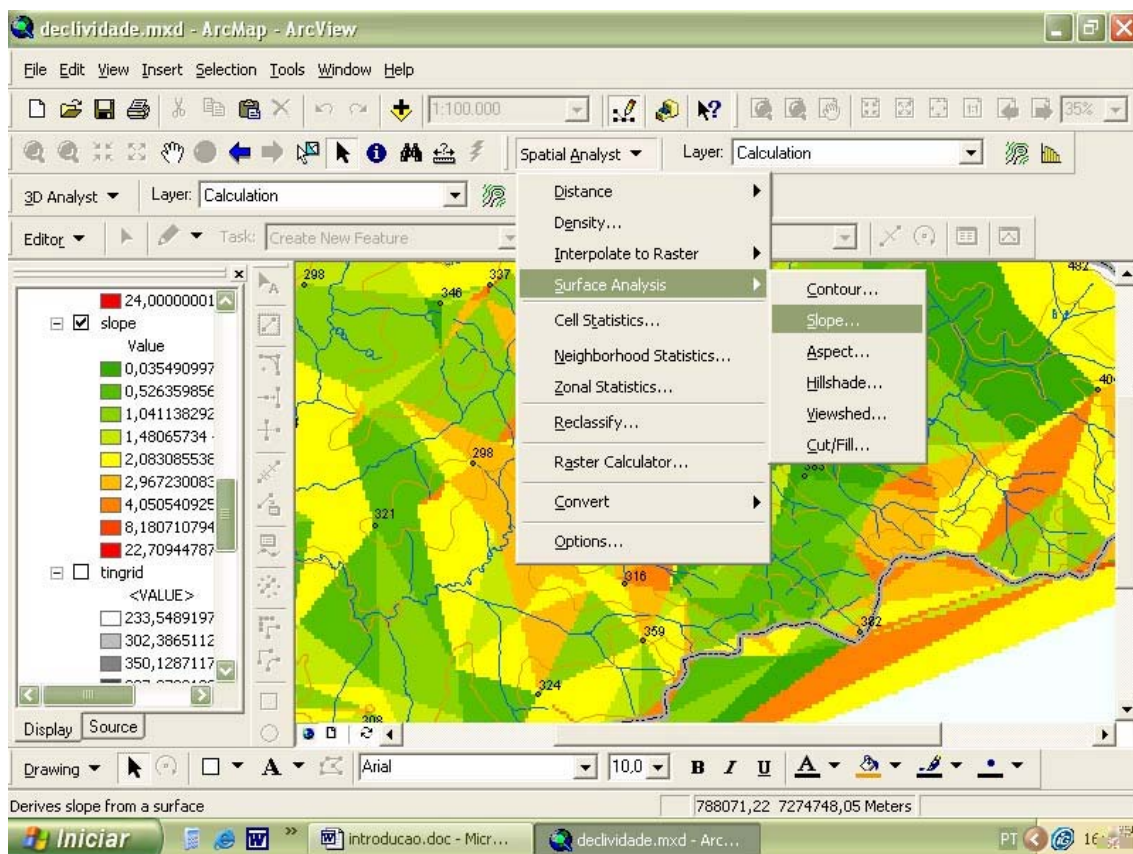


Figura 21: Processamento da declividade

Do mesmo modo que o processo de geração do mapa hipsométrico, necessitou ser reclassificado, após rodar o aplicativo, é necessário também repetir este procedimento com o modelo de declividade.

A palheta de cores da figura acima é automaticamente adotada pelo software necessitando ser alterada de acordo com as normas cartográficas quanto se faz a edição do mapa.

Ao reclassificá-la, utilizou-se as classes estabelecidas pelo IBGE (2002). Optou-se pela utilização das classes de declividade do IBGE por ser um órgão oficial de mapeamento no Brasil, bem como, por classificar o relevo a partir das classes de declividade. Utilizou-se, portanto, a tabela abaixo:

Tabela 9: Classes de Declividade

Fonte: Moreira & Lima, 2002

Classes de Relevo	Declividade (%)
Plano	Menor que 3
Suave Ondulado	De 3 a 8
Ondulado	De 8 a 20
Forte Ondulado	De 20 a 45
Montanhoso	De 45 a 75
Escarpado	Maior que 75

Num segundo momento, em função dos resultados obtidos com a declividade gerada por pontos cotados da base cartográfica digital, percebeu-se a necessidade de se gerar o mesmo produto a partir de curvas de nível e com um intervalo de classes diferente, de modo que pudesse contemplar a legislação ambiental utilizada para análise neste trabalho.

Os intervalos referente à declividade utilizados foram de 0 a 3%, de 3,01 a 8%, de 8,01 a 15%, de 15,01 a 30%, de 30,01 a 45% e maior que 45%.

O procedimento utilizado para gerar o produto temático com curvas de nível foi semelhante ao de pontos cotados. A diferença é que não se fez necessária a reclassificação da imagem após rodar o aplicativo 'slope' como mostrado na figura anterior.

3.4.4 Mapa de Área de Preservação Permanente

Para gerar o mapa de áreas de preservação permanente utilizou-se dos vetores da hidrografia e curvas de nível, que foram transformados em arquivo shape, como descrito no item 3.3.

A determinação das áreas de preservação permanente foi embasada na legislação ambiental vigente no Brasil e no Estado do Paraná como mostra a tabela abaixo:

Tabela 10: Legislação Ambiental

Fonte: adaptado de MMA, 2005

Lei/Resolução	Descrição
Resolução 302 de 20 de março de 2002 do CONAMA (MMA c, 2005)	Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno.
Resolução 303 de 20 de março de 2002 do CONAMA (MMA b, 2005)	Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de áreas de Preservação Permanente.
Lei 11054 de 11/01/1995 (SUDERHSA, 2005)	Lei Florestal do Estado do Paraná
Lei 4771 de 1965, reformado em 1989 (BRASIL a, 2005)	Código Florestal Brasileiro

Em trabalhos de campo, coordenados pela equipe técnica da ITAIPU, verificou-se a largura dos principais cursos d'água da bacia hidrográfica. Isto é necessário, pois a legislação ambiental, tanto o Código Florestal quanto a Resolução 303 do CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente (MMA c, 2005), determinam a largura da faixa de preservação permanente ao longo de cursos d'água, baseando-se em sua faixa marginal medida a partir do nível mais alto.

Tabela 11: Largura dos cursos d'água principais

Curso D'água	Curvado	Ajuricaba	Arroio Fundo
Largura (metros)	Inferior a 5 m	Inferior a 5 m	Inferior a 9 m

Em função da largura dos rios determinou-se a largura da faixa de preservação dos cursos d'água principais bem como daqueles contribuintes como cita a Resolução 303:

“Art. 3º Constitui Área de Preservação Permanente a área situada:

I – em faixa marginal, medida a partir do nível mais alto, em projeção horizontal, com largura mínima, de:

a) trinta metros, para o curso d'água com menos de dez metros de largura;
...

Como exposto nas informações iniciais deste subitem, para iniciar a elaboração do mapa de áreas de preservação permanente adicionou-se num mapa novo no software ArcGIS, os shapes relativos à hidrografia, com os cursos d'água principais e secundários, e o limite da bacia hidrográfica.

A partir dos shapes da hidrografia, gerou-se um arquivo de *buffer* de largura igual a trinta metros para cada curso d'água, para representar as APP's.

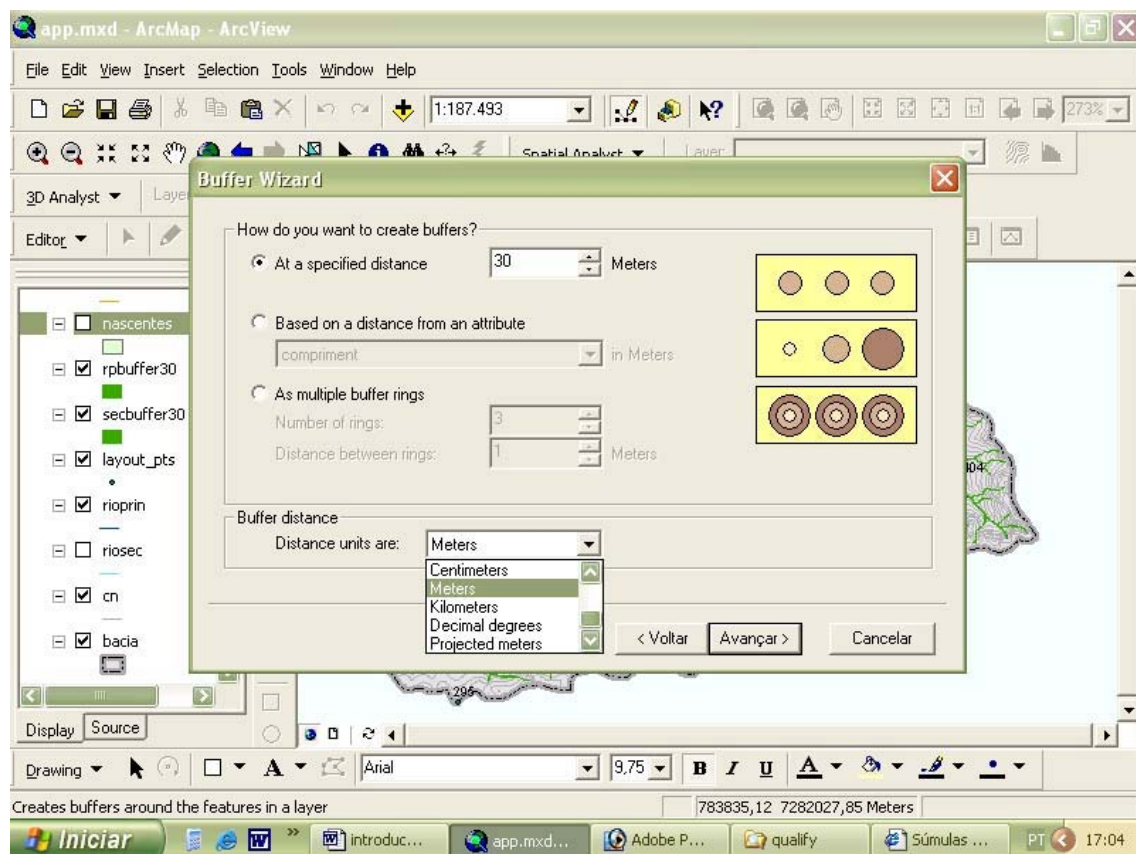


Figura 22: Buffer de APP em cursos d'água

As nascentes dos cursos d'água também receberam uma área de preservação num raio de cinquenta metros conforme a legislação:

“Art. 3º Constitui Área de Preservação Permanente a área situada:

...

II – ao redor de nascente ou olho d’água, ainda que intermitente, com raio mínimo de cinquenta metros de tal forma que proteja, em cada caso, a bacia hidrográfica contribuinte;

...”

Então, com o auxílio do software MicroStation V8, foram desenhados círculos de raios iguais a cinquenta metros em cada nascente de curso d’água existente. Para que isso fosse possível, foi preciso exportar o arquivo shape para o formato dxf de modo que o software CAD pudesse ser utilizado (Figura 23). O aplicativo Arc Toolbox é o que contém a ferramenta necessária para esta transformação.

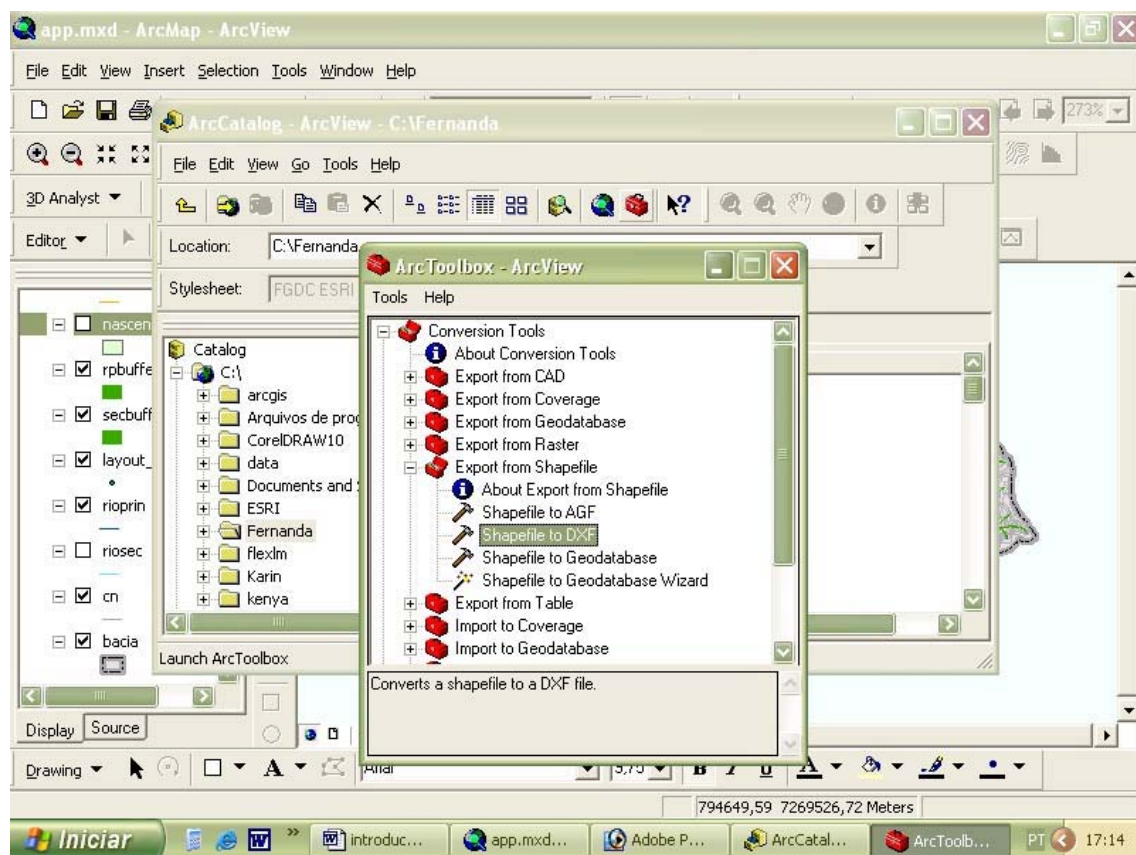


Figura 23: Exportar arquivo shape para dxf

Após a edição, o arquivo foi novamente adicionado como tema no mapa e transformado em shape como explica o procedimento do item 3.3.

Ainda faltou determinar a Área de Preservação Permanente em topos de morro e em linhas de cumeada como prevê a Resolução 303 (MMA c, 2005):

“Art. 3º Constitui Área de Preservação Permanente a área situada:

...

V – no topo de morros e montanhas, em áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura mínima da elevação em relação a base;

VI – nas linhas de cumeada, em área delimitada a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura, em relação à base, do pico mais baixo da cumeada, fixando-se a curva de nível para cada segmento da linha de cumeada equivalente a mil metros;

...”

No entanto, deve-se definir o que vem a ser morro ou linha de cumeada:

“Art. 2º para os efeitos desta resolução, são adotadas as seguintes definições:

...

IV – morro: elevação do terreno com cota do topo em relação à base entre cinquenta e trezentos metros e encostas com declividade superior a trinta por cento (aproximadamente dezessete graus) na linha de maior declividade;

VI – linha de cumeada: linha que une os pontos mais altos de uma seqüência de morros ou de montanhas, constituindo-se no divisor de águas;

...”

Segundo consulta realizada junto à técnicos do IBAMA, a interpretação destes incisos da Resolução nos diz que em topos de morro deve-se determinar a curva de nível de cota mais alta, a de cota mais baixa, subtrair-se esses valores obtendo-se a altura do morro ou da montanha. Multiplica-se a altura encontrada pela fração de dois terços. O valor obtido da multiplicação deve ser somado a cota da curva de nível mais baixa, obtendo-se assim, o valor da cota da curva de nível a partir da qual considera-se área de preservação permanente.

No caso das linhas de cumeada, em superfícies muito declivosas, deve-se, a cada mil metros de comprimento da linha, refazer-se o cálculo relativo à curva de nível a partir da qual considera-se área de preservação permanente.

Essa medida se faz necessária para que não se tome como área de preservação, a cota da curva de nível do morro mais baixo de uma cadeia de morros onde a diferença de altitude entre eles seja muito significativa e inviabilize a utilização de muitas áreas.

Por exemplo, num morro cuja base esteja na curva de nível 250 e seu topo na 430, procede-se com o seguinte cálculo:

$$(430 - 250) \cdot \frac{1}{3} = 60 \therefore 430 - 60 = 370 \quad (\text{Equação 1})$$

Ou seja, subtrai-se a cota maior da menor, calcula-se o valor referente à terça parte do morro a partir da qual considera-se área de preservação permanente e obtém-se o valor da cota que deve ser subtraída da cota mais alta. O resultado, neste exemplo igual a 370, é o valor da curva de nível acima da qual deve ser considerada APP.

Outra forma de realizar o mesmo cálculo é:

$$(430 - 250) \cdot \frac{2}{3} = 120 \therefore 250 + 120 = 370 \quad (\text{Equação 2})$$

Neste caso, subtraiu-se os valores das curvas de nível da base e do topo, calculou-se os dois terços da base a que a Resolução se refere e obteve-se, novamente, o valor da curva de nível a partir da qual considera-se área de preservação permanente.

Essa operação repetiu-se para todos os divisores de água da bacia hidrográfica em estudo. Após, procedeu-se com a vetorização das áreas em arquivos shape no software ArcGIS. Foi preciso criar um arquivo shape novo como mostra o procedimento de criação do arquivo shape do limite da bacia no item 3.3, e posteriormente, com a barra de ferramentas *Editor*, vetorizou-se os polígonos referentes as áreas de preservação (Figura 24).

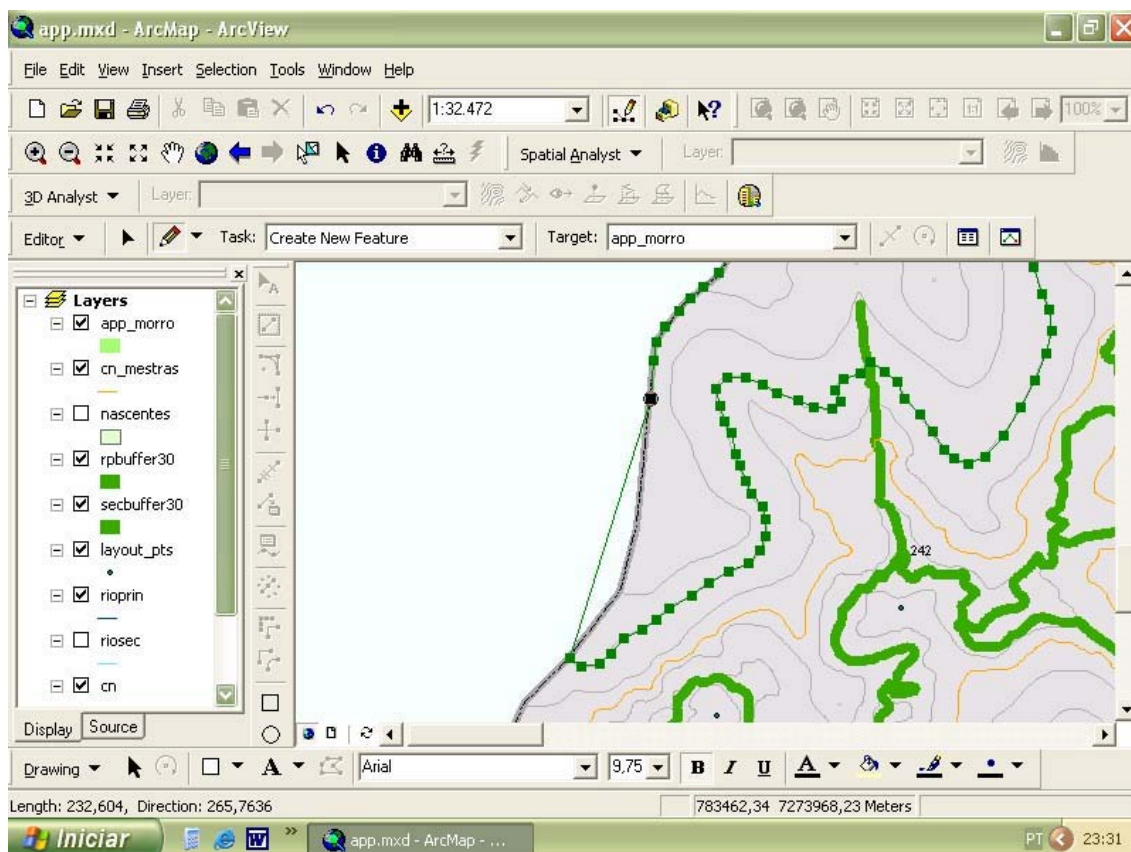


Figura 24: Digitalização de APP em topo de morro

3.4.5 Uso da Terra

Para a elaboração do mapa de uso da terra inicialmente realizou-se o processamento das bandas da imagem de satélite Landsat TM7 no software ENVI 3.6.

Fez-se uma composição infravermelha da imagem com as bandas 4, 3 e 2 nos canais RGB respectivamente (Figura 25). O emprego de uma imagem com composição infravermelha se justifica, na medida em que proporciona uma melhor observação da vegetação existente na área de estudo.

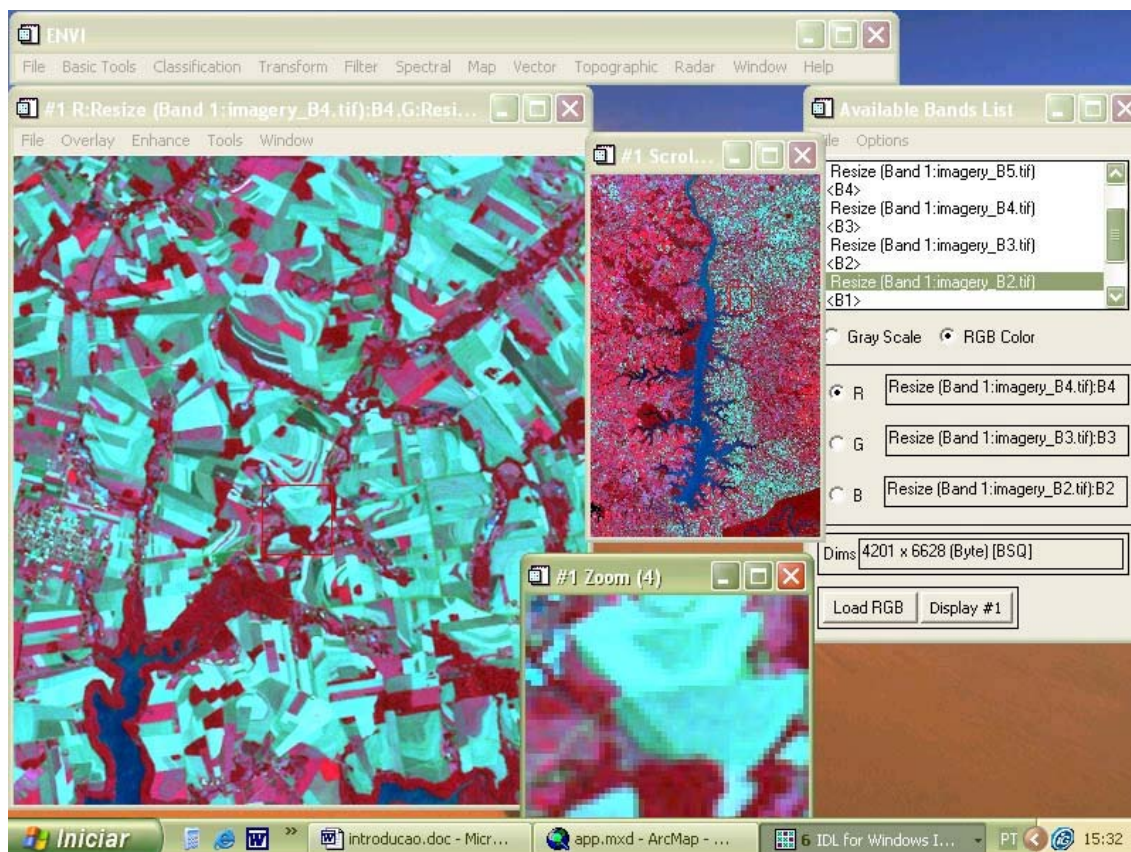


Figura 25: Composição infravermelha – RGB432

A imagem Landsat7 utilizada compreende toda a área de influência da usina de ITAIPU, para não trabalhar toda esta extensão territorial que não é objeto de análise deste trabalho, cortou-se a composição através das coordenadas da bacia do Arroio Fundo, obtidas na base cartográfica da COPEL. O processo é simples, bastando utilizar a ferramenta localizada em Basic Tools/ Resize Data como mostra a figura abaixo:

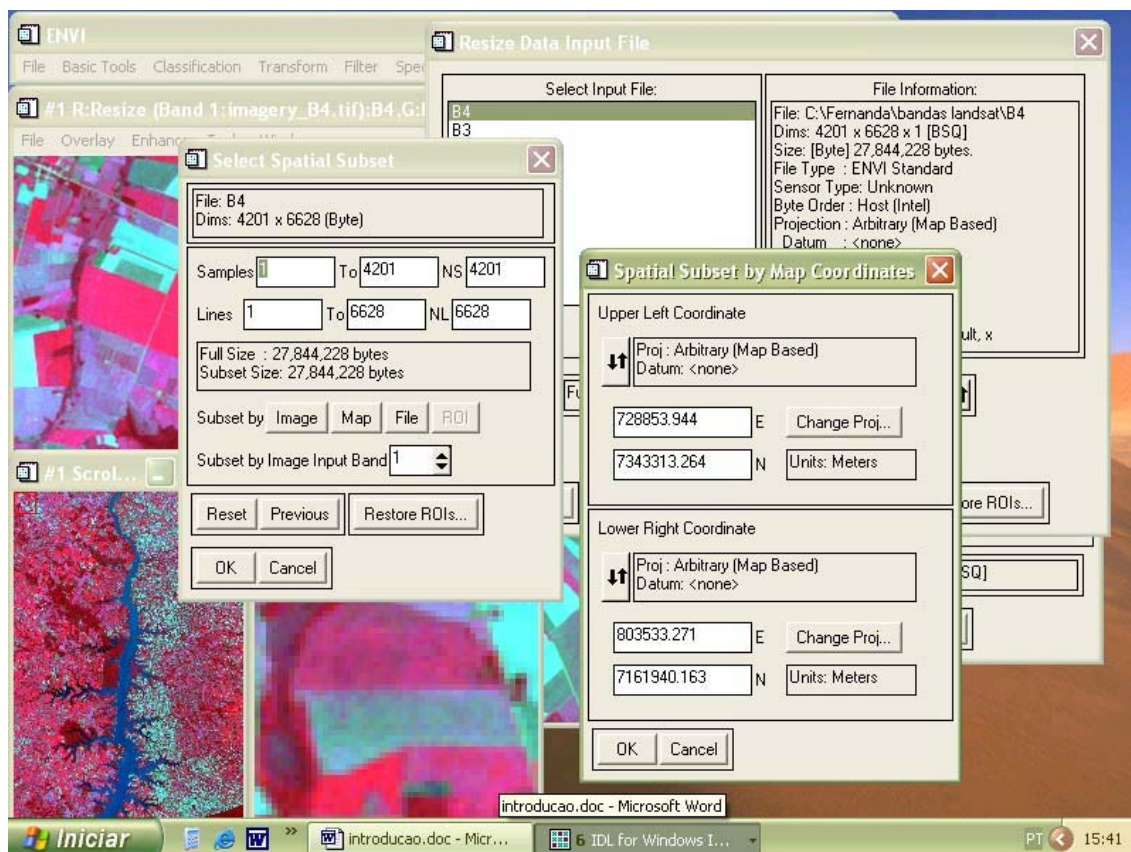


Figura 26: Corte de imagem a partir de coordenadas

Após o corte da imagem foi necessário utilizar um método de classificação para que se pudesse separar as classes de uso da terra visíveis na imagem.

O procedimento no software ENVI 3.6 consiste na determinação de ROI's, ou seja, de regiões homogêneas de interesse onde se define as classes de uso da terra, que devem ser extraídas da imagem. A determinação destes ROI's ocorre com o uso da ferramenta que mostra a imagem abaixo denominada ROI Tool.

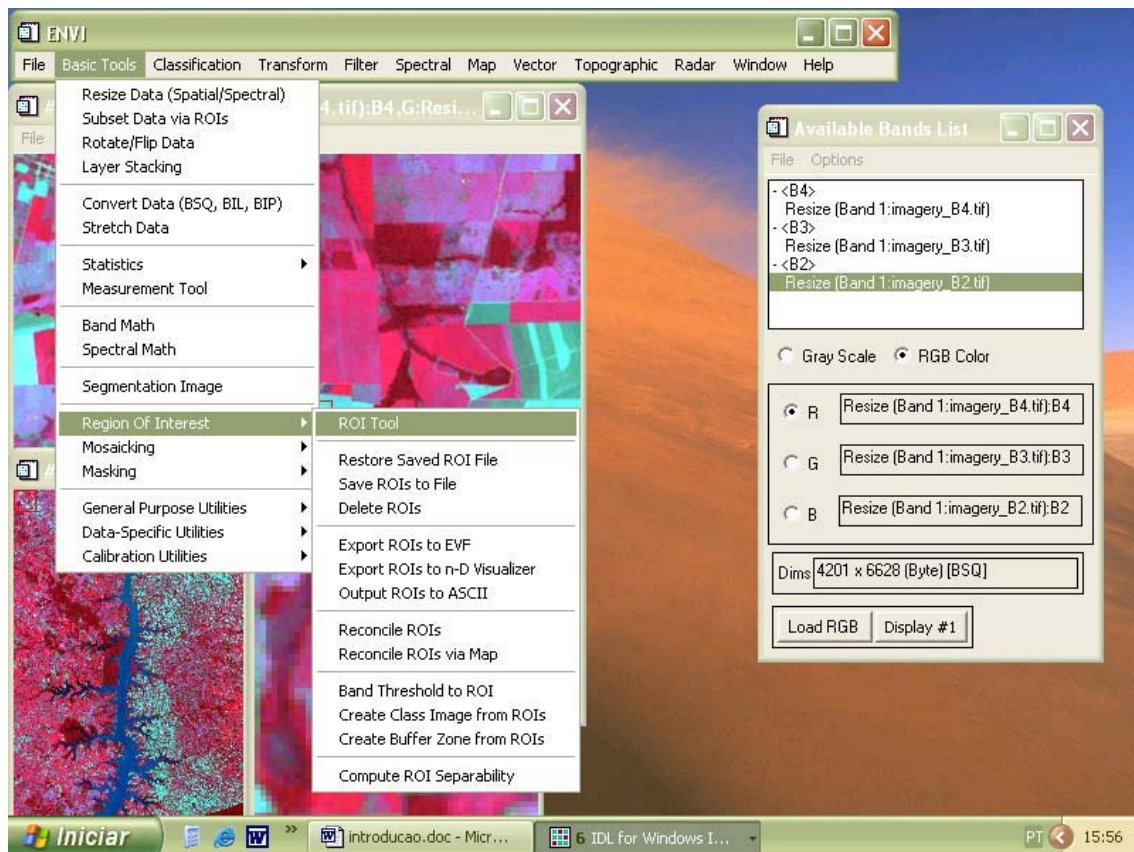


Figura 27: Determinação de ROI's

Define-se as áreas de interesse tomando-se o cuidado de delimitar aproximadamente o mesmo número de pontos para cada classe e em locais onde elas estejam bem visíveis como mostra a figura abaixo.

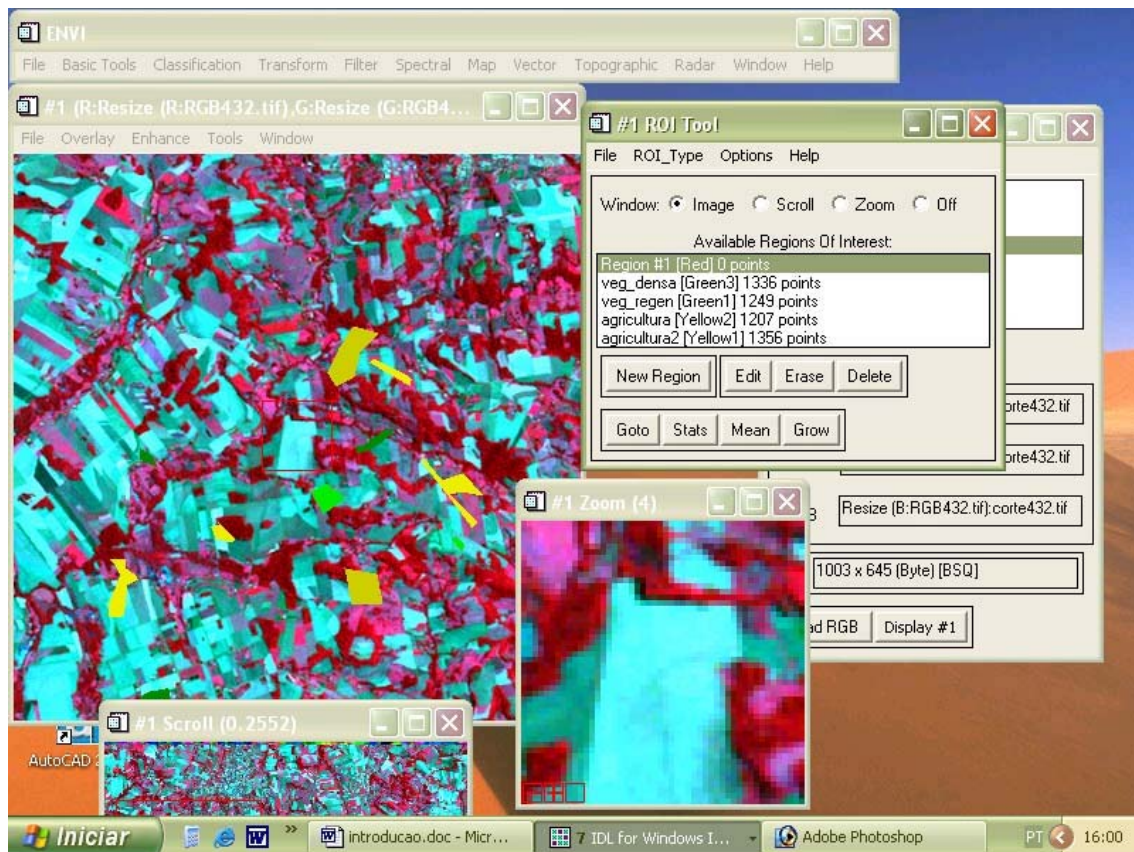


Figura 28: ROI's utilizados para classificação

Após a determinação das classes, utilizou-se o método de classificação supervisionada máxima verossimilhança para distinguir as classes de uso da terra como: agricultura, vegetação densa, solo exposto e pastagem.

Esta classificação utiliza a estatística de que cada classe em cada banda da imagem é normalmente distribuída, e calcula a probabilidade de localização de cada pixel durante a classificação, permitindo ao usuário determinar esta probabilidade.

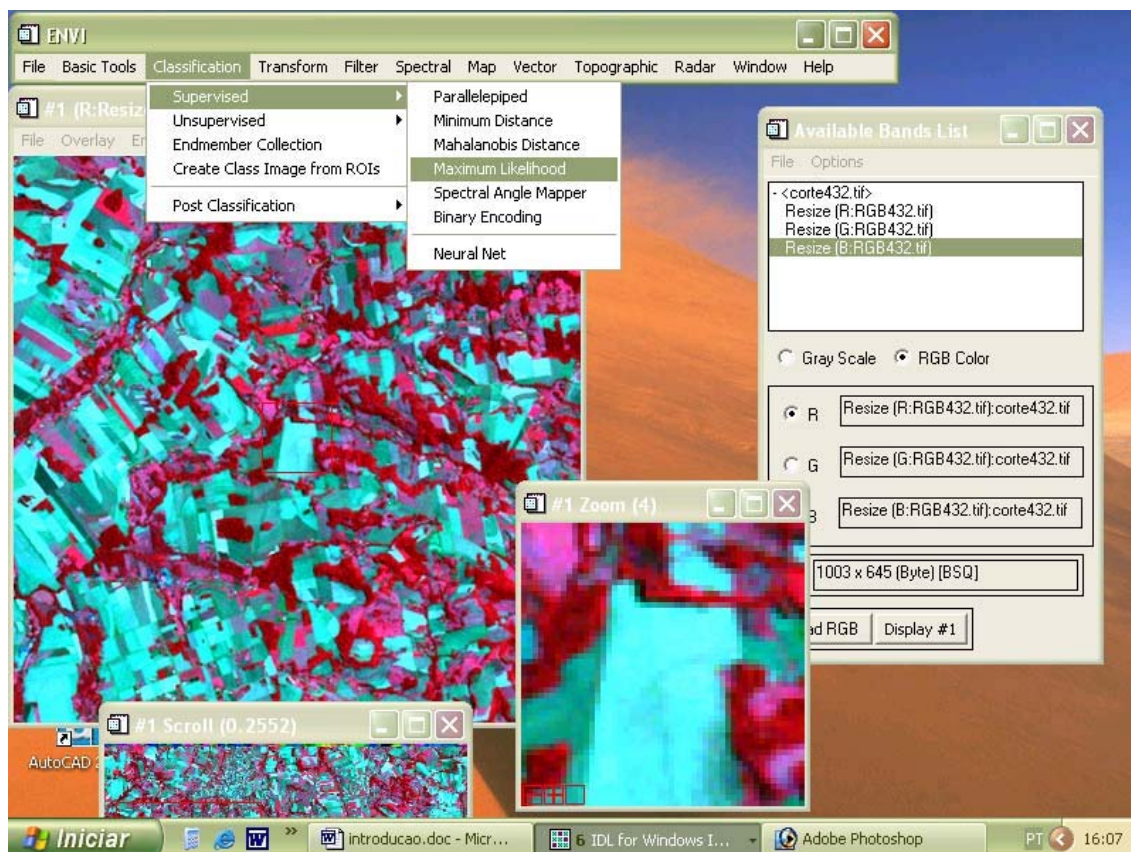


Figura 29: Ferramenta de classificação da imagem

Por fim, as classes foram exportadas uma a uma no formato shape para edição final dos mapas no software ArcGIS 8.3. Este procedimento ocorre através da transformação de cada classe raster em vetor em separado e após transformada em vetor, a classe é salva em formato shape dentro da mesma janela em que foi convertida .

No software ArcGIS, num novo projeto de mapa, adicionou-se os temas: uso da terra, hidrografia e limite da bacia hidrográfica para a elaboração do mapa temático.

3.4.6 Mapas de áreas prioritárias

A construção do mapa de Áreas Prioritárias, que também ser denominado de mapa de Áreas de Interesse Ambiental Legal, foi obtido através dos arquivos shapes, já utilizados em outros mapas da pesquisa. A

sobreposição de informações já geradas possibilita, a extração de novas informações, preciosas para a gestão ambiental da bacia.

Para proceder com o cruzamento das informações dos shapes utilizou-se a ferramenta de geoprocessamento *intersection*, que identifica as áreas comuns a dois arquivos shapes (Figura 30).

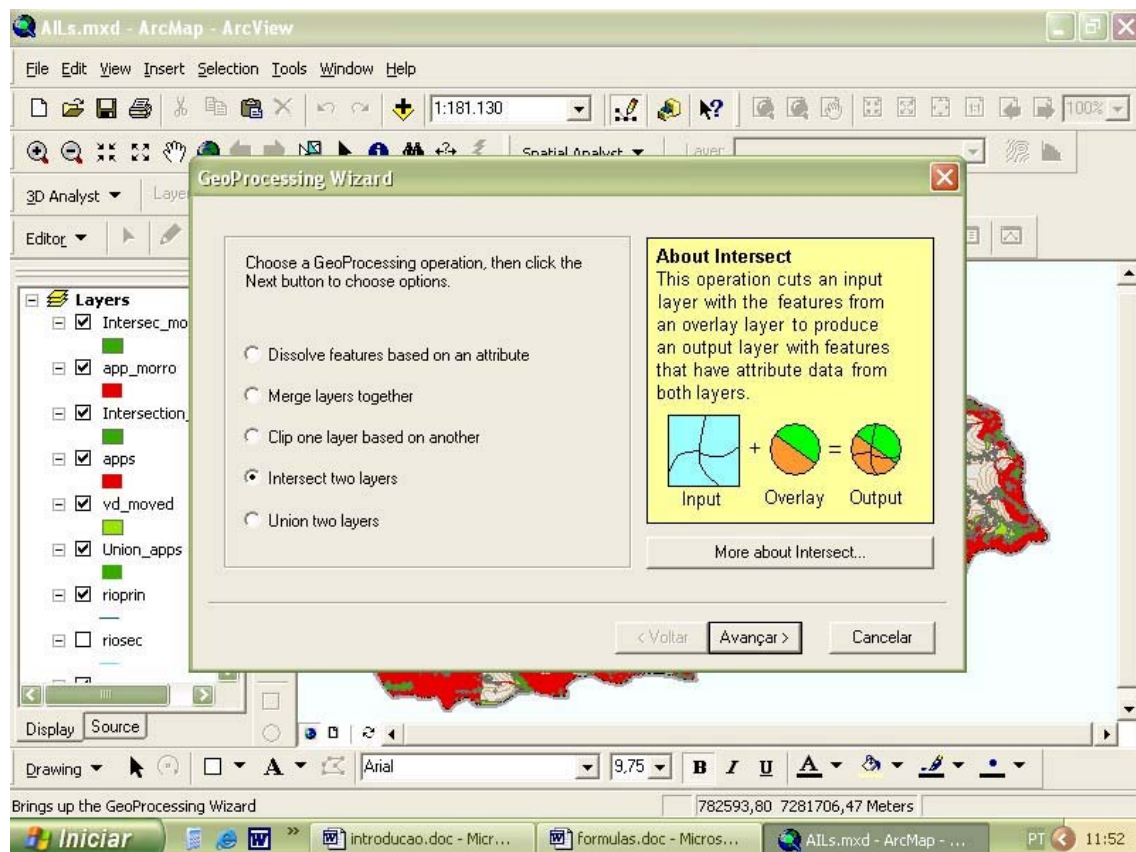


Figura 30: Intersecção das áreas de vegetação com as áreas de preservação

Assim, foi possível identificar quais os elementos eram comuns entre a vegetação densa, do mapa de uso da terra, e o de áreas de preservação permanente. Utilizando uma representação por cores diferentes, onde as cores mais fortes evidenciam os locais desprovidos de vegetação, pode-se analisar quais as áreas, dentro da bacia, que justificarão a implantação de programas de gestão ambiental com prioridade (Figura 31).

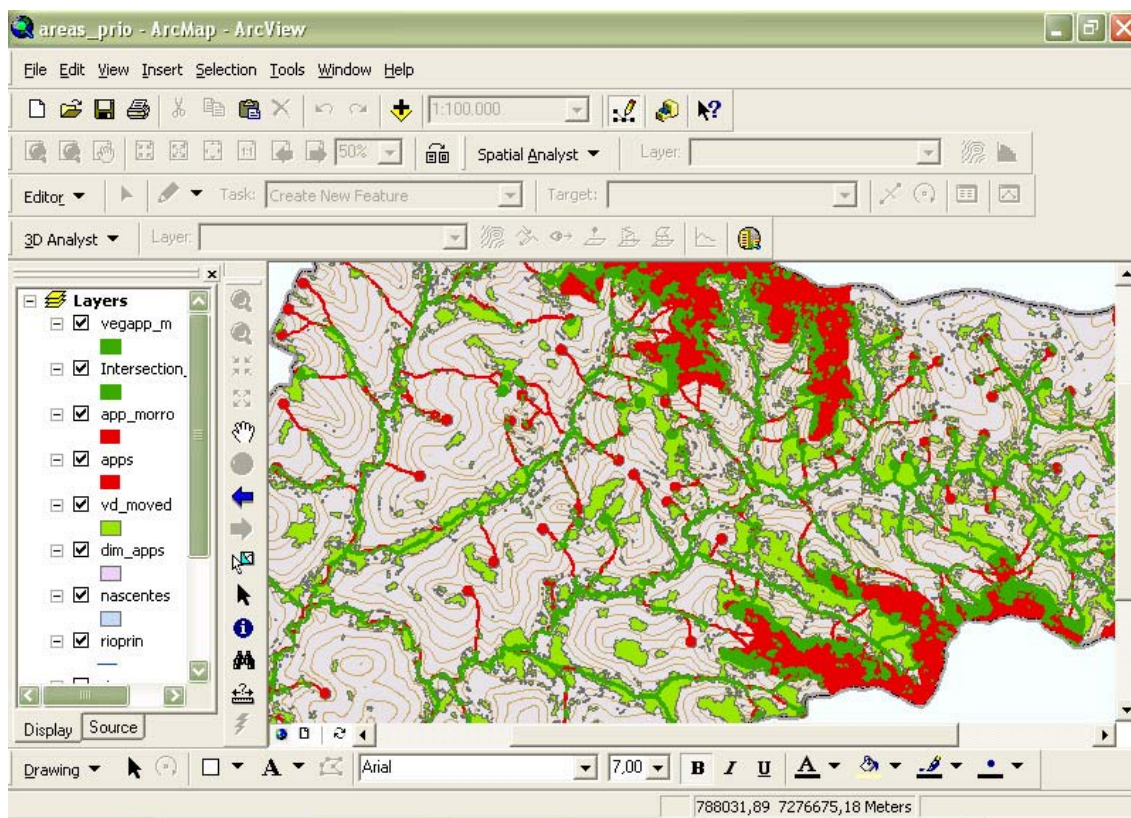


Figura 31: Áreas prioritárias

Para tanto, foram levados em conta o grau de preservação da bacia e sua conformidade em relação à exigência da legislação, principalmente quanto ao código florestal (Lei 4771/65 – Reformado em 1989, Brasil a, 2005).

3.4.7 Edição do Layout Final dos Mapas

O software ArcGIS proporciona ferramentas de fácil manuseio para a edição de layout de mapas.

Há uma janela própria de edição, onde se define a dimensão da folha a ser impresso o mapa, coloca-se a indicação do norte, as coordenadas para localização da área, escala, e legenda que é gerada automaticamente através dos arquivos shapes que deram origem ao mapa.

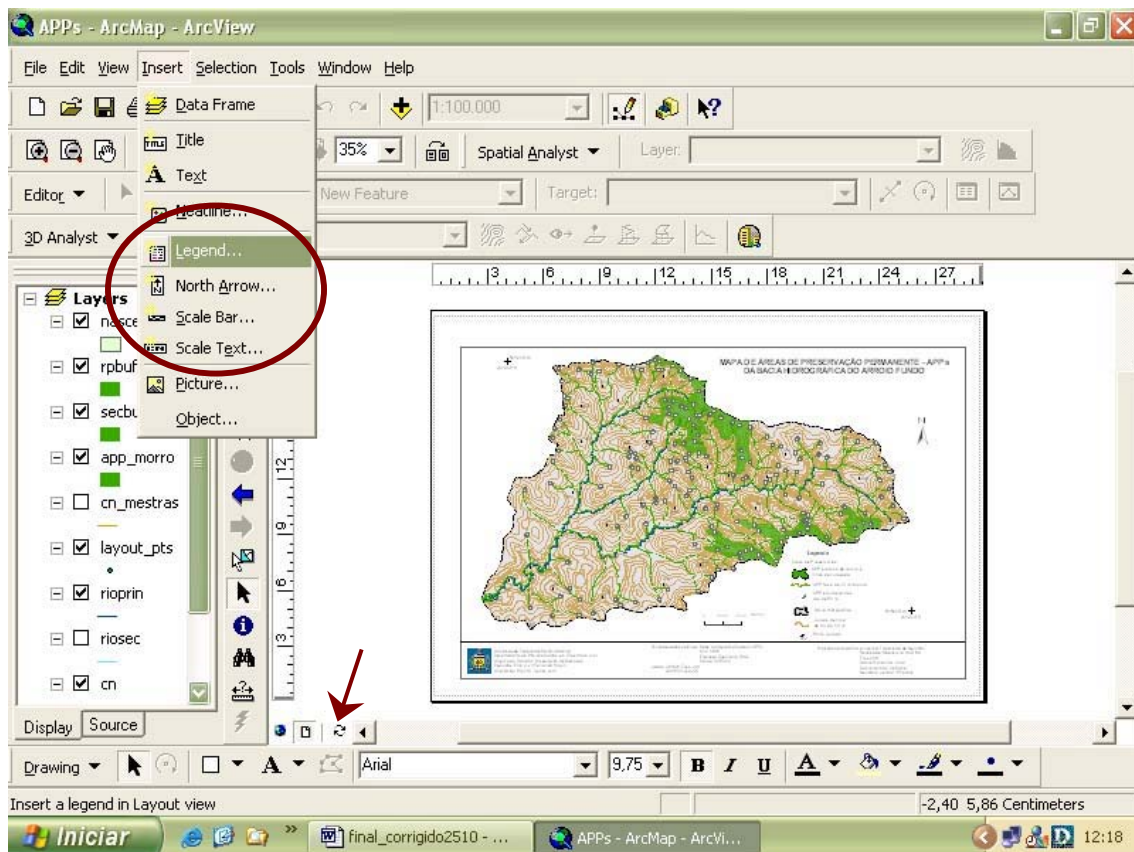


Figura 32: Layout dos mapas

Alguns cuidados são necessários ao elaborar-se o layout final de um mapa temático:

1. As informações sobre os dados editados que deram origem ao mapa devem constar.
2. A legenda deve conter todas as informações representadas no mapa. Segue-se uma hierarquia gráfica, representando-se primeiro o tema, que é título do mapa, e colocando-se os temas que são representados por área primeiro, depois as linhas e pontos. Após a representação das informações do tema, coloca-se as demais informações que auxiliam a ilustração do tema no mapa, como, por exemplo, curvas de nível e pontos cotados.
3. Os elementos que compõe o mapa devem estar dispostos no mapa de forma harmoniosa sem que haja mais informação próxima à margem direita em detrimento à esquerda, por exemplo.

3.4.8 Estrutura Fundiária

A análise da estrutura fundiária baseou-se na utilização de um mapa do município de Marechal Cândido Rondon datada de 1990, em comparação com uma composição colorida RGB 321 da imagem Landsat TM7 do ano de 2002.

O mapa da estrutura fundiária do município foi cedido pela empresa ITAIPU, mas em função de não possuir um sistema de projeção e de coordenadas, não foi possível sobrepor o arquivo com a imagem de satélite.

O único fenômeno capaz de permitir a sobreposição é a rede hidrográfica que foi digitalizada no software Microstation SE. No entanto, ao se efetuar a sobreposição as distorções ocorridas na imagem inviabilizavam seu uso.

Portanto, a análise realizou-se subjetivamente por meio de comparação visual das imagens.

4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Bacia Hidrográfica do Arroio Fundo foi área de estudo, escolhida como piloto, para o desenvolvimento deste trabalho. Foi preciso efetuar o levantamento de informações acerca do meio no intuito de descrever suas principais características. Alguns critérios, baseados em legislação ambiental, foram utilizados para delimitar áreas prioritárias para a implantação de programas de gestão ambiental. Esta bacia hidrográfica possui maior quantidade de dados e informações acessíveis para serem trabalhados, pois a ITAIPU realiza trabalhos pilotos na área.

A bacia hidrográfica do rio do Arroio Fundo localiza-se entre as latitudes 24°32'00" e 24°39'00" Sul e Longitudes 54°12'00" e 53°59'00" Oeste. Pertence à Região Oeste do Estado do Paraná, próximo ao limite nacional com a República Paraguai.

Seus afluentes mais importantes são os Rios Curvado, Ajuricaba e Arroio Fundo, a bacia hidrográfica possui ordem igual a 5, segundo a classificação de Strahler. Aflui ao reservatório da Itaipu na altura das latitudes 7270500 Km N e 782690 Km E (Fuso 21, UTM – SAD 69).

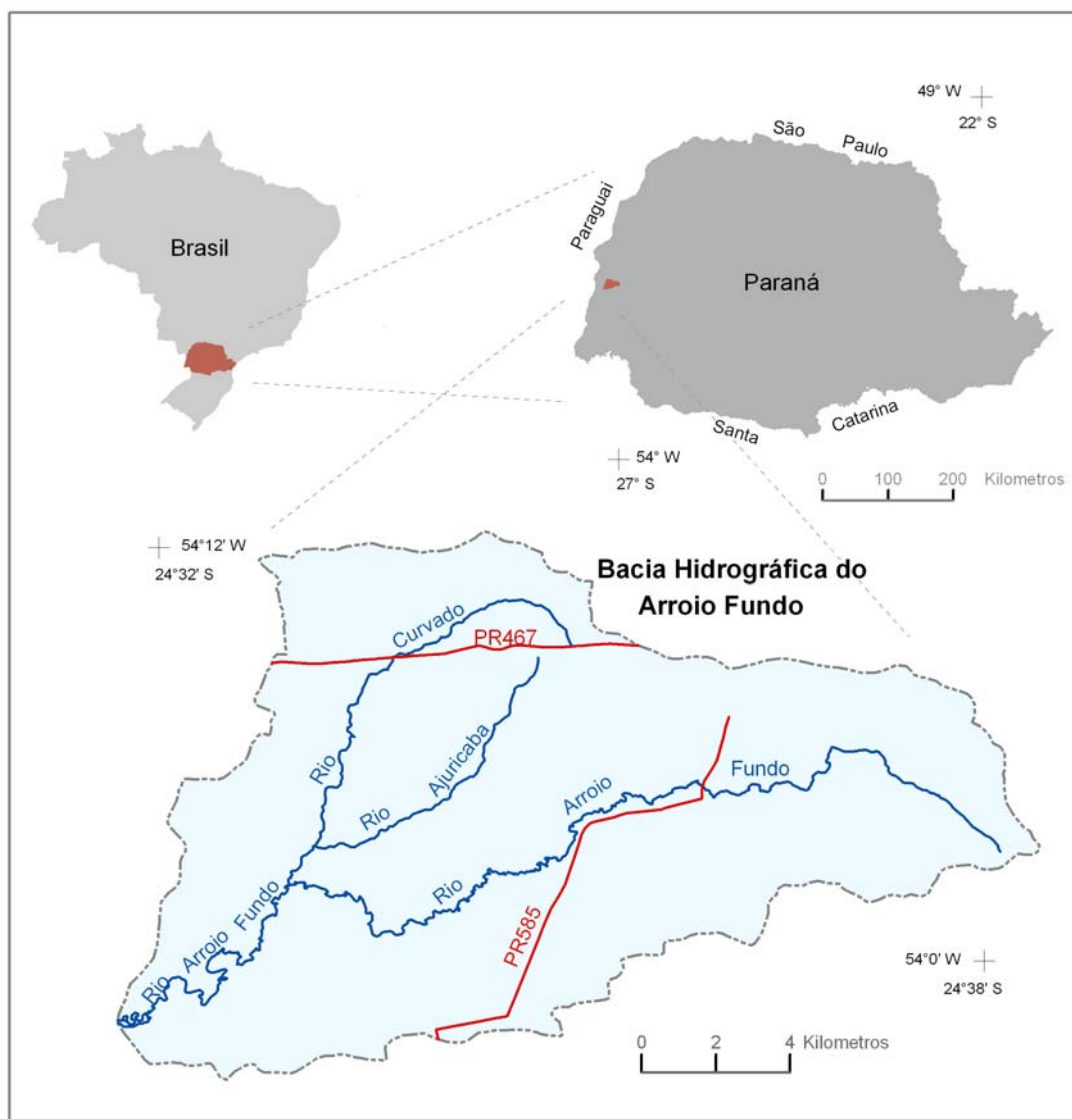


Figura 33: Localização da área de estudo

Segundo o Manual Técnico do Uso da Terra do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (1999), alguns itens básicos devem ser considerados para a caracterização geral da área. São eles: geologia, geomorfologia, vegetação, solos, clima e recursos hídricos.

Neste capítulo, segue uma caracterização geral da Bacia Hidrográfica do Arroio Fundo.

4.1 Relevo e Geologia

Moreira & Lima (1977) descrevem que dentre os grandes quadros morfoestruturais do relevo da região sul do Brasil, a Bacia Sedimentar do Paraná oferece dois aspectos distintos: a zona de desnudação periférica e a zona do capeamento basalto arenítico ou Terceiro Planalto. Este último é onde se localiza a área de estudo. Desenvolve-se num conjunto de relevos planálticos cujos limites orientais coincidem com a Serra Geral. O planalto de altitude variada, em seus pontos de altitude mais elevadas, recebe o nome de Serra da Esperança (1100 a 1250 metros) e declina em direção ao Rio Paraná (300 metros).

Segundo o Convênio M.A. (1972) a paisagem é bastante uniforme determinada pelas formas levemente onduladas com chapadas de encostas suaves e pelas mesetas recortadas do nível geral dos derrames basálticos.

A Zona do Capeamento Basalto – Arenítico é dotada de condições climáticas que favorecem a permanência de água nos leitos fluviais oferecendo condições excepcionais para o aproveitamento de seu imenso potencial hidráulico, destacando-se o grande canyon pleistocênico do Rio Paraná a jusante de Sete Quedas e o Rio Iguaçu com importantes quedas d'água em área próxima à confluência com o Rio Paraná.

A geologia local foi formada basicamente por derrames basálticos com espessura variando de 20 a 60 m. Existem três camadas que podem ser diferenciadas de basalto, uma primeira com textura microcristalina de alta densidade e alto módulo de deformação sendo bastante fraturada. Uma outra camada denominada 'breccia' que sofreu alta compressão com alta porosidade e permeabilidade. A terceira camada é denominada de basalto vesicular 'amygdaloidal' cuja textura é similar ao basalto denso, mas contém vesículas e é muito menos fraturado que ele. Essas camadas se alternam nos horizontes do solo (Itaipu, 1994).

4.2 Solo

Segundo IBGE (2002) o solo da área de estudo é de característica mineral, não-hidromórfico, bem drenado e podem ser argilosos ou muito argilosos. São solos favoráveis ao desenvolvimento dos vegetais. Sua potencialidade agrícola natural é boa, podendo proporcionar bons índices de produtividade. Geralmente encontram-se em áreas de topografia plana e suave ondulada sendo áreas propícias para o uso de mecanização agrícola.

No ano de 1972 o Ministério da Agricultura Brasileiro publicou o “Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Oeste do Estado do Paraná” (MA, 1972). Neste volume, estão descritas algumas características de perfis de solo bem uma caracterização geral da área levantada.

Segundo estes estudos, o solo, em função da geologia local, considerada bastante uniforme quanto à conformação da sua superfície, é constituído em sua maioria pelo derrame do Trapp e em menor escala pelo arenito Caiuá da Era Mesozóica. Ocorrem também, mas em pequena escala, sedimentos fluviais paludais pertencentes ao Quaternário recente (Holoceno) da Era Cenozóica. Os basaltos são as principais rochas do derrame do Trapp.

Em função dos materiais que ocorrem na geologia acima descrita, os solos que se originaram do derrame do Trapp possuem textura argilosa com elevados teores de minerais pesados como: ferro, manganês e titânio. Já os que se originaram do arenito Caiuá possuem baixo e médio teor de argila, enquanto os originados de sedimentos fluviais e paludais apresentam textura bastante variável dependendo do material depositado.

Os solos encontrados na área pertencem à classe dos Latosol Vermelho escuro, Latosol Roxo, Terra Roxa Estruturada, Podzólico Vermelho Amarelo, Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico, Brunizem Avermelhado, Cambisol Eutrófico, Hidromórficos Gleyzados Indiscriminados e Litólicos Eutróficos.

Um dos perfis levantados pelo Ministério da agricultura localizado ao norte da bacia hidrográfica em estudo, mas exatamente a sete quilômetros do município de Gôio Erê, possui classificação do solo referente ao Latosol Vermelho Escuro Distrófico Álico com textura média, cobertura da floresta

tropical subperenifolia (árvores de baixo e médio porte) e relevo suave ondulado.

Já outro perfil levantado localizado a cinco quilômetros do município de Campo Mourão, a leste da área de estudo, foi classificado como Latosol Roxo Distrófico com proeminente textura argilosa e vegetação caracterizada por campo cerrado, relevo praticamente plano e acentuadamente drenado.

4.3 Clima

As características climáticas regionais são as que se referem ao clima tipo tropical com domínio subquente superúmido com subseca. No Sul do Brasil não ocorre uma estação seca, na área de estudo, no entanto, ocorrem três meses menos chuvosos sendo do mais ao menos seco os seguintes: julho, agosto e janeiro (Moreira & Lima, 1977).

Segundo a classificação de W. Koeppen o tipo climático predominante na área de estudo é o Cfa. Porém, a região em estudo não está sujeita a rigores climático possuindo temperaturas relativamente altas no verão e geadas no inverno. A geada é o fenômeno meteorológico mais importante na região pelos seus efeitos desastrosos às culturas (MA, 1972).

4.4 Vegetação

Segundo o Ministério da Agricultura (1972) a vegetação expressa a ação de clima em relação à altitude, latitude e à natureza do solo. Em função da distribuição pluviométrica em quase todos os meses do ano no oeste do Estado do Paraná, o desenvolvimento de florestas aconteceu praticamente em toda parte deste território.

Ainda segundo o mesmo autor, do ponto de vista fisionômico, a região onde se localiza a área de estudo pode ser agrupada em Florestas: Tropicais, Transicionais tropical subtropical e Subtropicais. As florestas tropicais

subdividem-se em perenifólia, subperenifólia, subcaducifólia e de várzea. A floresta subtropical possui também dois subgrupos denominados de floresta subtropical perenifólia e floresta subtropical subperenifólia.

As características de cada grupo de vegetação são as que seguem (Ministério da Agricultura, 1972):

1. *Floresta Tropical Perenifólia*: Caracterizada por um denso matagal, formado por um imenso complexo de entrelaçados de ervas, cipós, arbustos, vegetação rasteira e árvores jovens. As árvores possuem troncos com 30 a 40 metros de altura e diâmetros enormes com espécies como: peroba, pau – d’alho, canela, guajuvirá, figueira branca, etc. Ocorrem em áreas de Latosol Roxo e Terra Roxa Estruturada;
2. *Floresta Tropical Subperenifólia*: apresenta árvores altas, de troncos cilíndricos, ocorrem também árvores médias com copas mais fechadas. Nos vales mais úmidos e de solos mais férteis, pouco sujeitos a geada ocorrem exemplares como: pau – d’alho, palmito e figueira branca. Nestes locais ocorre uma estação seca com duração de 2 a 3 meses;
3. *Floresta Tropical Subcaducifólia*: possui uma formação pouco densa constituída por indivíduos de porte médio, copas ralas e com folhas predominantemente pequenas. Ocorre em solos rasos e com pouca capacidade de retenção de água como topos e encostas de morros;
4. *Floresta Tropical de várzea*: ocorre às margens do Rio Paraná bem como ao longo dos seus tributários ocupando partes baixas e planas;
5. *Floresta Subtropical Perenifólia*: Caracteriza-se por ser mais resistente ao frio que as florestas tropicais. Possui coloração mais clara, mais rala e menos exuberante. As árvores são geralmente de porte médio e de folhas pequenas. O pinheiro é uma das principais espécies.
6. *Floresta Subtropical Subperenifólia*: Possui espécies que perdem parcialmente as folhas do estrato superior. Normalmente apresentam três estratos sendo o superior ocupado por araucária

ou espécies folhosas de grande porte. O porte médio é caracterizado pela erva-mate, caroba, bracatinga, taquara e outras. No estrato inferior encontram-se ervas, arbustos e gramíneas.

4.5 Hidrografia

O sistema hidrográfico Paraná – Uruguai é a principal rede hidrográfica da parte meridional do continente Sul Americano, forma um conjunto que se interliga à Bacia do Prata. Dentre estas se destaca a Bacia do Paraná, compreendida na área entre as bacias dos seus tributários Paranapanema (no limite com o Estado de São Paulo) e Iguaçu (da Bacia do Uruguai), a seção vai das nascentes à fronteira com a nação Uruguiaia.

A Bacia do Paraná compreende uma área de 199.554 km² dos quais 183.678 km² estão no Estado do Paraná e 12.886 km² em Santa Catarina.

A dinâmica hidrológica do Rio Paraná não sofre modificações sensíveis ao longo do seu percurso prevalecendo sempre a abundância das chuvas durante todo o ano.

No Rio Paraná de um modo geral seus afluentes originários de regiões de rochas duras cristalinas e principalmente arenitos transportam pouco material em suspensão. Além disso, o manto de vegetação florestal preserva os trechos da bacia atenuando o desgaste pela erosão natural. Em profundidade também não transporta grandes quantidades de materiais como seixos ou grandes massas de areia. Essas características descritas referem-se ao rio em sua forma natural antes da implantação da usina hidrelétrica de Itaipu.

A Bacia Hidrográfica do Rio Arroio Fundo desenvolve-se numa área de aproximadamente 195,50Km² com um perímetro de aproximadamente 70,06Km. Caracteriza-se por ser uma bacia de drenagem dendrítica (Figura 34). É de ordem igual a cinco cujo comprimento total de seus afluentes é de 292,14 Km.

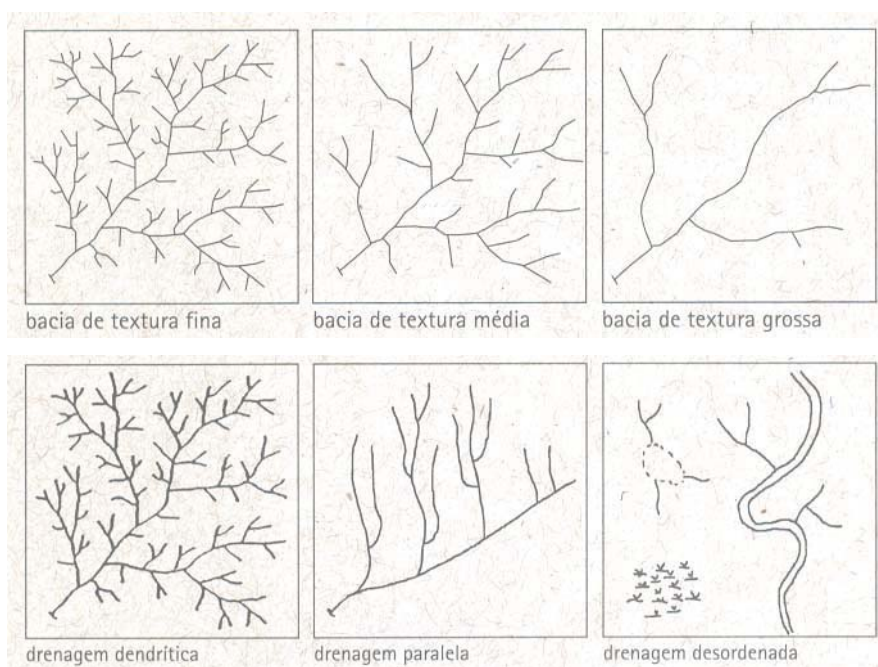


Figura 34: Textura e drenagem de bacia hidrográfica

Fonte: Santos, 2004

SANTOS (2004) diz que a textura dos cursos d'água podem revelar o tipo de terreno que ocorre na bacia, por exemplo, uma rede de drenagem de textura fina pode ser relacionada a áreas declivosas com solos de baixa permeabilidade. Já o tipo de drenagem, que se refere à configuração e disposição da ramificação do cursos permite inferências sobre a rocha e o solo. Essas características permitem entender o grau de organização e complexidade do sistema hidrográfico.

4.6 Municípios Integrantes

Constituem parte de sua geografia política os municípios de Marechal Cândido Rondon, Pato Bragado e Quatro Pontes (Figura 35).

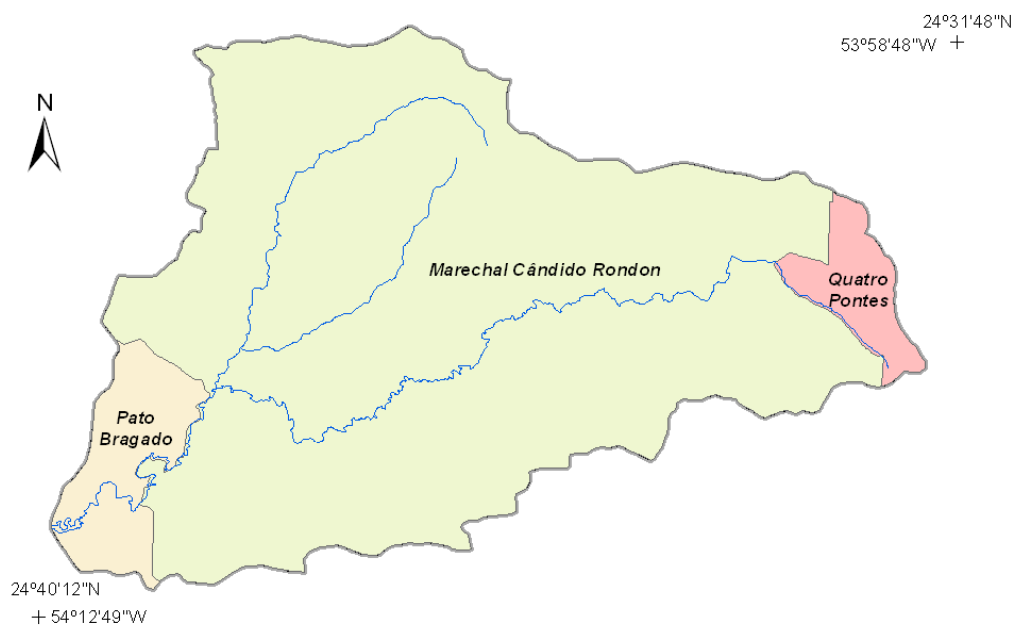


Figura 35: Municípios parcialmente inseridos na área de estudo

A Bacia hidrográfica do Arroio Fundo caracteriza-se por seu uso da terra predominantemente agrícola como exemplificam as fotografias abaixo:



Figura 36: Paisagem característica da bacia do Arroio Fundo



Figura 37: Área predominantemente agrícola

No entanto, os dados extraídos do último censo do IBGE, 2003, mostram que a maior parte da população vive na área rural com exceção do Município de Quatro Pontes, onde sua população ainda reside em maior parte na área rural:

Tabela 12: População Residente

Fonte: IBGE (a), 2004

Município	População Total	Pessoas residentes em área urbana	Pessoas residentes em área rural
Marechal Cândido Rondon	41.007	31.246	9.761
Pato Bragado	4.093	2.343	1.750
Quatro Pontes	3.646	1.794	1.852

O relevo suave ondulado favorece a adoção de equipamentos e máquinas nas práticas agrícolas (IBGE, 2002).

5 ANÁLISE AMBIENTAL

Marconi & Lakatos (2001) dizem que analisar é estudar, decompor, interpretar, isto se refere ao processo de conhecimento de determinada realidade e implica no exame sistemático dos elementos. O mais importante, porém, não é reproduzir a estrutura estudada, mas indicar as relações existentes entre as idéias expostas.

Neste trabalho buscou-se interpretar ou analisar o meio através de dados provenientes de pesquisa bibliográfica, de trabalhos de campo e de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento.

Para que se consiga integrar as questões humanas, físicas e bióticas que compõe o meio ambiente é necessário obedecer a uma estrutura que vise o planejamento ambiental. O primeiro passo é a pesquisa que trata de reunir e organizar os dados coletados. O segundo trata da análise compreensão do meio. E o terceiro é a aplicação do conhecimento adquirido para a tomada de decisão (SANTOS, 2004).

No trabalho que segue a ênfase é para a análise ambiental de uma bacia hidrográfica. A bacia hidrográfica é a unidade de trabalho adotada pela maioria dos planejadores para trabalhar com as interações que ocorrem no meio ambiente.

Esta perspectiva de trabalho multitemático resulta na necessidade de se trabalhar com dados, informações ou parâmetros de diferentes naturezas. Então, dependendo da temática adotada, de acordo com SANTOS (2004), os dados utilizados podem ser:

- a) Qualitativos: são aqueles descritos pelas características, atributos ou peculiaridades do objeto analisado;
- b) Quantitativos: são aqueles que podem ser quantificáveis.

Ou ainda:

- 1) Binários: cuja informação baseia-se entre a escolha de dois elementos 'sim' e 'não', existe ou não existe, zero ou um;
- 2) Multicategóricos: definidos por meio de muitas qualidades ou tipos;

3) Contínuos: se definidos por um intervalo finito de observação, uniformemente distribuídos;

4) Discretos: se assumem valores finitos.

Exemplos de dados utilizados em planejamento ambiental podem ser observados na tabela abaixo:

Tabela 13: Exemplos de dados de planejamento Ambiental

Fonte: SANTOS, 2004 (modificado)

Temática	Elementos da Temática	Classificação do dado
Meio físico (geomorfologia)	Altitude (em metros)	Quantitativos e contínuos
Meio biótico (cobertura vegetal)	Tipo de cobertura vegetal (floresta estacional, semidecídua, em estado degradado)	Qualitativos e discretos
Meio socioeconômico (população)	Presença ou ausência de população	Qualitativos e binários
Meio socioeconômico (população)	Número de habitantes (1000 hab)	Quantitativos e discretos
Meio físico (clima)	Graus de iluminação (2°, 3°, etc)	Quantitativos e discretos

Para expressar as relações existentes entre os diferentes dados utilizados para a caracterização do meio, é necessário torna-los compatíveis. Através da construção de mapas temáticos, com dados espacializados e técnicas de justaposição ou sobreposição, serão realizadas as análises ambientais da Bacia Hidrográfica do Arroio Fundo.

5.1.1 Rede de Drenagem e Hierarquia Fluvial

Christofolletti (1980) relata que a análise de bacias hidrográficas começou a apresentar caráter mais objetivo a partir de 1945 através do trabalho publicado por Robert E. Horton que procurou estabelecer as leis do desenvolvimento dos rios e de suas bacias. A abordagem quantitativa dada

por este pesquisador motivou vários outros a expandir esta perspectiva inclusive Arthur N. Strahler e seus colaboradores na Universidade de Columbia.

Para o autor, estabelecer a ordem de uma bacia hidrográfica significa determinar a hierarquia fluvial dos cursos d'água que a ela pertencem.

A classificação estabelecida por Artur N. Strahler em 1952, diz que os menores canais, sem tributários, são considerados de primeira ordem, estendendo-se da nascente até a confluência, a união de dois canais de primeira ordem origina um de segunda ordem, por sua vez da união de dois canais de segunda ordem surge um de terceira e assim sucessivamente .

A hierarquização dos cursos d'água é o primeiro passo para a análise morfométrica de bacias hidrográficas. A partir dela pode-se, por exemplo, determinar qual o rio principal da bacia. Um dos critérios utilizados é que o rio principal equivale ao canal de ordem mais elevada na bacia. Outro critério é optar pelo curso d'água mais longo.

Por esses parâmetros determinou-se que na bacia em estudo o canal de maior ordem e, maior extensão é o Rio Arroio Fundo com aproximadamente 45.605 metros de comprimento e ordem igual a 5.

Tabela 14: Comprimento dos Rios Principais

Nome Rio	Ordem	Comprimento (m)
Ajuricaba	3	8.903,88
Arroio Fundo	5	45.605,68
Curvado	4	14.769,59

A partir da delimitação da bacia hidrográfica pelos divisores de água obteve-se um polígono cuja área é de aproximadamente 195,50 Km².

Com os valores obtidos acima, pode-se calcular um índice denominado Densidade de Drenagem. Ela relaciona o comprimento total dos canais com a área da bacia hidrográfica. Sua equação é:

$$D_d = \frac{L_t}{A}, \text{ onde:}$$

D é a densidade de drenagem

L é o comprimento total dos canais

A é a área total da bacia

Christofolletti (1980) ainda coloca que em um mesmo ambiente climático, a densidade de drenagem reflete o comportamento hidrológico das rochas. Por exemplo, onde ocorre menos infiltração no solo, favorecendo a esculturação dos canais, a densidade de drenagem é mais elevada.

$$\text{Sendo assim, temos: } D_d = \frac{292,14 \text{ Km}}{195,50 \text{ Km}^2} = 1,49 \text{ Km} / \text{Km}^2$$

Strahler (1960, citado por Scotton, 2004) classifica o valor da densidade de drenagem em três grupos:

1. menor que $7,5 \text{ km/km}^2$: baixa densidade drenagem;
2. entre $7,5 \text{ km/km}^2$ e $10,0 \text{ km/km}^2$: média densidade de drenagem;
3. maior que 10 km/km^2 : alta densidade de drenagem.

Realizaram-se também, cálculos de valores de densidades de drenagem para, quatro bacias hidrográficas de terceira ordem, inseridas na bacia do Arroio Fundo. As bacias analisadas localizam-se ao norte, ao sul e a leste da bacia do Arroio fundo, como pode ser observado na figura abaixo:

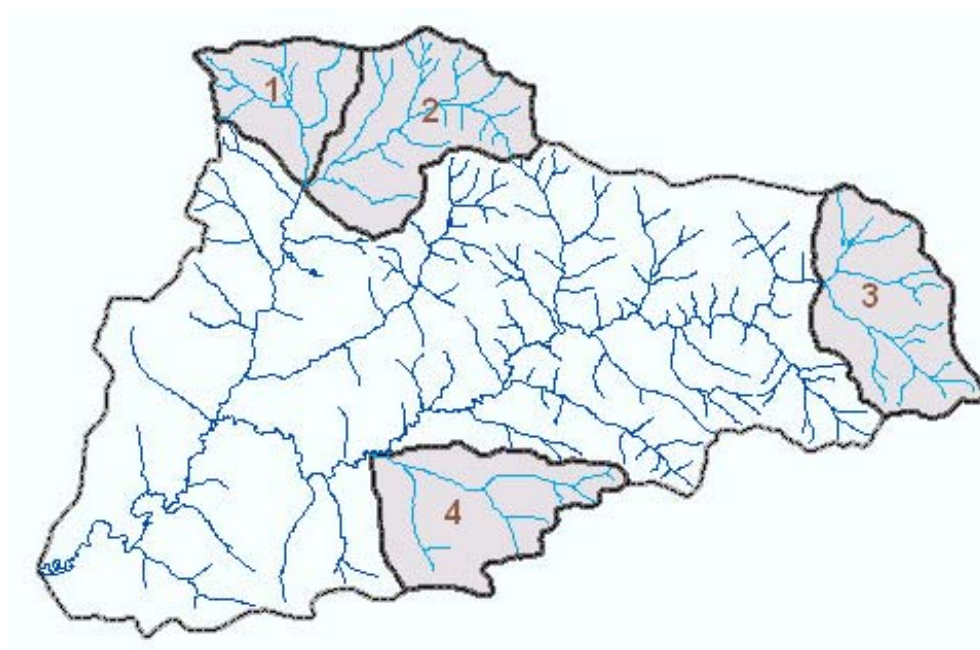


Figura 38: Bacias com densidade de drenagem analisadas

Tabela 15: Densidades de Drenagem

Bacia	Área (km ²)	Comprimento total da rede de drenagem (km)	Densidade de Drenagem (Dd, em Km/Km ²)
1	8,53	12,87	1,51
2	15,62	28,45	1,82
3	14,83	22,76	1,54
4	14,02	15,17	1,08

Após o cálculo das densidades de drenagem (Dd), buscou-se associá-las às classes de declividade geradas, de modo a se observar seu inter-relacionamento. A figura abaixo mostra os limites das bacias analisadas com um mapa de declividade da bacia do Arroio Fundo, ao fundo.

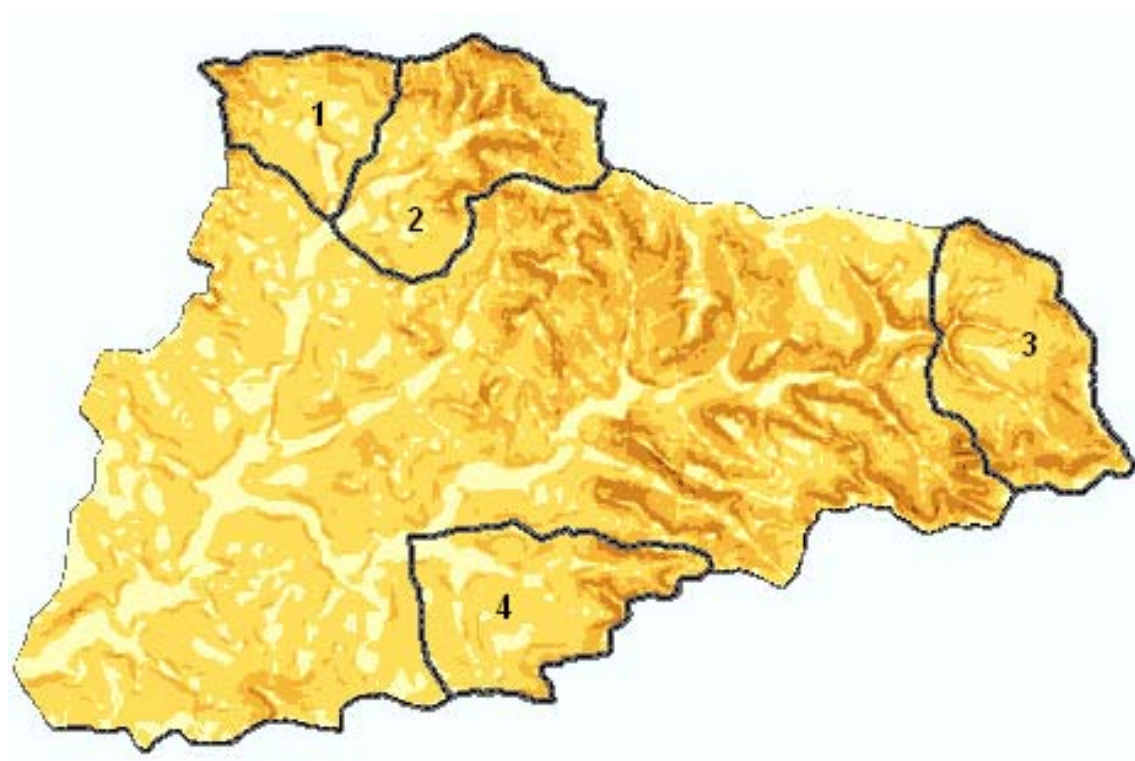


Figura 39: Bacias analisadas e suas declividades

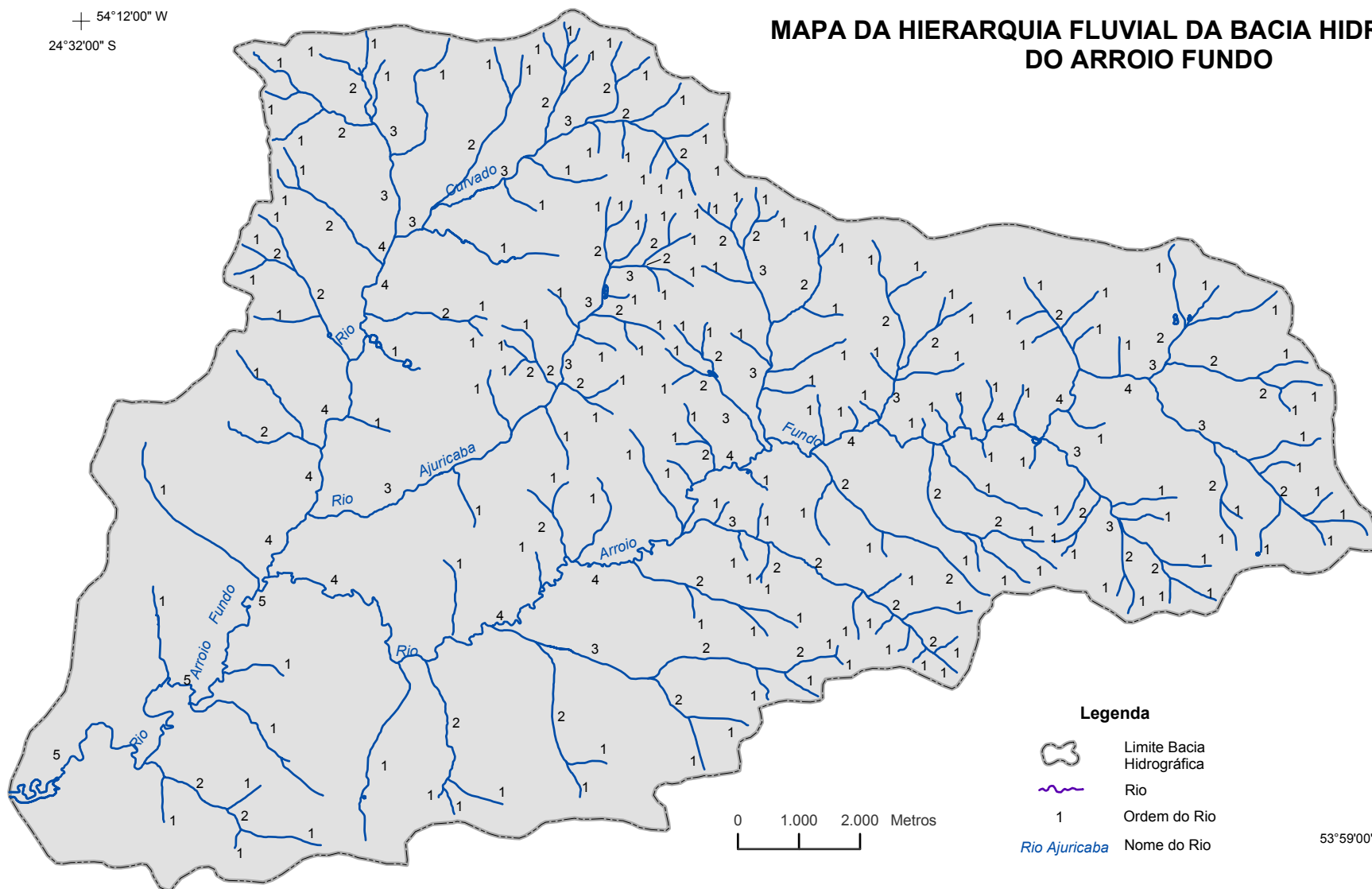
Ao cruzarmos as informações da tabela anterior e a figura acima, pode-se observar que a Bacia 2 que possui uma maior densidade de drenagem, é também a que apresenta maiores declividades. A Bacia 4, que possui menor densidade de drenagem é a que possui uma declividade menos acentuada,

caracterizando um relevo mais suave. As bacias 1 e 3 possuem praticamente a mesma densidade de drenagem e apresentam declividades semelhantes.

A partir destas análises pode-se perceber que os dados quantitativos e discretos (comprimento e área), levantados a partir da rede de drenagem e do limite da bacia hidrográfica, estão intimamente ligados à declividade (dados quantitativos e contínuos) da superfície da área de estudo.

54°12'00" W
24°32'00" S

MAPA DA HIERARQUIA FLUVIAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO FUNDO



Legenda

- Limite Bacia Hidrográfica
- Rio
- Ordem do Rio
- Nome do Rio

53°59'00" W
24°39'00" S



Universidade Federal de Santa Catarina
Departamento de Pós-Graduação em Engenharia Civil
Objetivo do Trabalho: Dissertação de Mestrado
Execução: Eng. Civil Fernanda Simoni
Orientação: Prof. Dr. Carlos Loch

Fonte de dados vetoriais: Base Cartográfica Digital COPEL
Ano: 1996
Empresa Executora: DSG
Escala 1:25 000

Cartas: 281620 Fuso 21S
281710 Fuso 22S

Projeção Cartográfica: Universal Transversa de Mercator
Sistema de Referência: SAD 69
Fuso 21S
Datum Horizontal: Chua
Datum Vertical: Imbituba
Meridiano Central: -57 graus

5.1.2 Hipsometria

O mapa hipsométrico da bacia possui cinco classes de altitude que se distribuem no espaço com as respectivas áreas:

Tabela 16: Classes hipsométricas e áreas equivalentes

Classe (m)	250 a 300	300 a 350	350 a 400	400 a 450	> 450
Área (Km ²)	40,70	61,10	42,16	38,14	13,40

Pode-se analisar na bacia hidrográfica sua amplitude altimétrica máxima, que corresponde à diferença altimétrica entre a altitude da desembocadura e a do ponto mais alto da bacia. Esta análise também recebe o nome de “relevo máximo da bacia” (CHISTOFOLETTI, 1980).

No entanto, para que a cota máxima utilizada neste cálculo não seja um ponto que extrapole o valor médio dos pontos de altitudes mais elevadas, pode-se considerar o valor obtido, pela média dos pontos com cotas máximas, que representem pelo menos 10% da área da bacia.

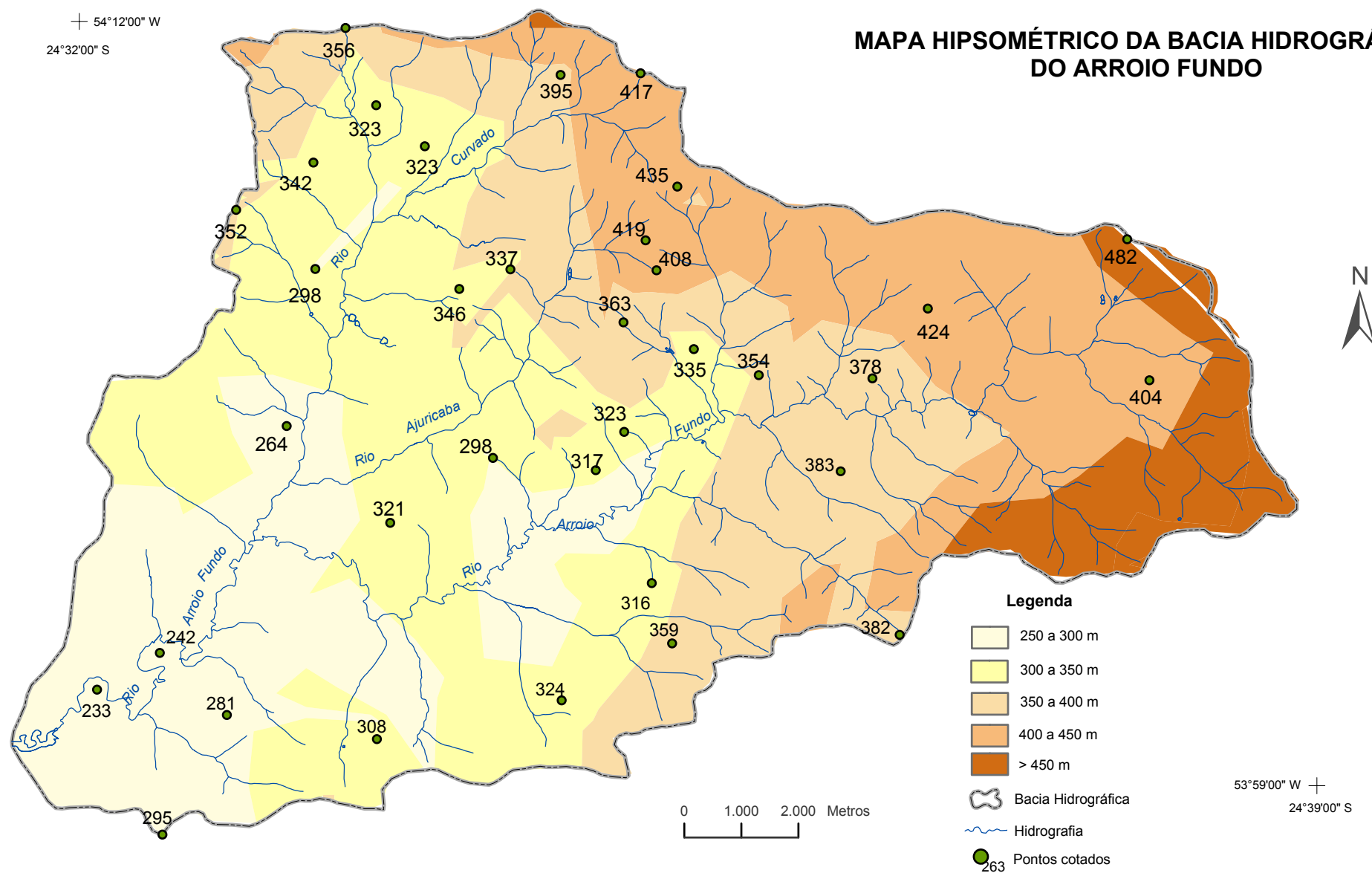
No caso da área de estudo, 10% da área da bacia corresponde a aproximadamente 19,5 Km² o que torna necessário a utilização das duas últimas classes altimétricas para a determinação da cota máxima média da bacia. Isso corresponde à média de 89 dos 262 pontos existentes.

Assim sendo, tem-se que o ponto cotado de menor altimetria está em 233 metros e o mais elevado em 518 metros, no entanto, a cota máxima média é de 438,18 metros. Então, a *amplitude altimétrica máxima da bacia* (H_m) é de:

$$H_m = 518 - 233 = 285m$$

54°12'00" W
24°32'00" S

MAPA HIPSOMÉTRICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO FUNDO



Universidade Federal de Santa Catarina
Departamento de Pós-Graduação em Engenharia Civil
Objetivo do Trabalho: Dissertação de Mestrado
Execução: Eng. Civil Fernanda Simoni
Orientação: Prof. Dr. Carlos Loch

Fonte de dados vetoriais: Base Cartográfica Digital COPEL

Ano:
Empresa Executora:
Escala:

Cartas: 281620 Fuso 21S
281710 Fuso 22S

Projeção Cartográfica: Universal Transversa de Mercator
Sistema de Referência: SAD 69
Fuso 21S
Datum Horizontal: Chua
Datum Vertical: Imbituba
Meridiano Central: -57 graus

5.1.3 Declividade

O primeiro mapa gerado de declividade utilizou de pontos cotados. A partir deste produto foram geradas análises as quais se encontram descritas abaixo.

Ao se adotar as classes de declividade do IBGE (2002) com vistas à caracterização do relevo da bacia, percebeu-se a existência de somente duas classes com suas respectivas áreas como mostra a tabela abaixo:

Tabela 17: Área ocupada por classes de declividade

CLASSE (%)	0 a 3	3 a 8
Área (Km ²)	163,32	32,18
% Área por classe	83,54	16,46

Dessa forma, os valores percentuais acima, indicam que o intervalo da classe de declividade de 0 a 3% é predominante na área de estudo.

No entanto, observou-se que o produto cartográfico de declividade obtido por pontos cotados não representou adequadamente a superfície da bacia hidrográfica.

Optou-se então, pela geração de um mapa de declividade a partir das curvas de nível existentes na base cartográfica. O produto obtido, apresentou cinco classes de declividade, com os seguintes intervalos:

Tabela 18: Intervalos de classes de declividade

Intervalos de classes de declividade
0 a 3%
3,01 a 8%
8,01 a 15%
15,01 a 30%
30,01 a 45%

O intervalo da classe que corresponde à declividade maior que 45% não ocorreu na superfície da bacia hidrográfica objeto deste estudo.

Observando-se este segundo produto, percebe-se que a classe de declividade do intervalo de 3,01 a 8% é predominante sobre as outras.

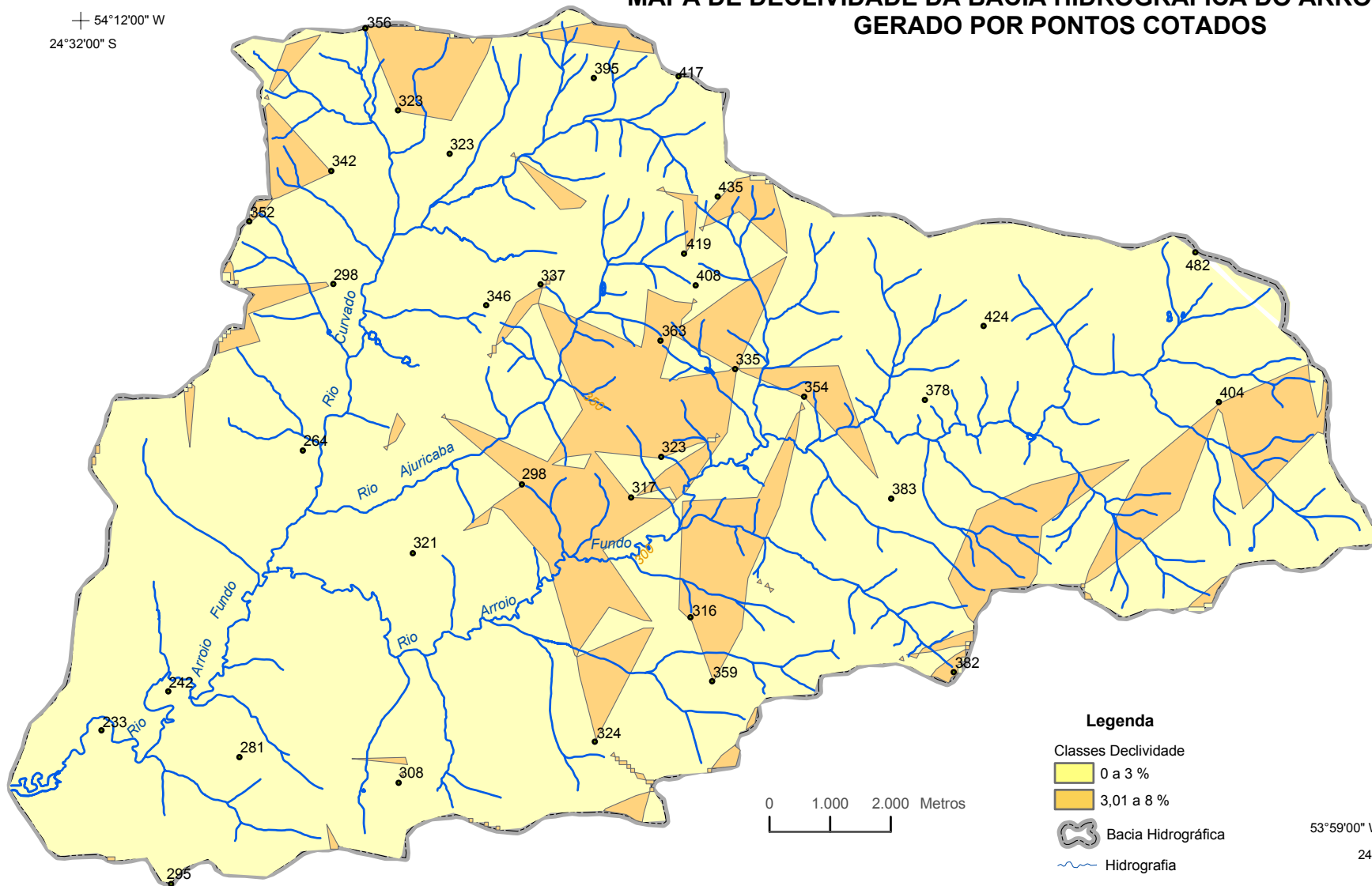
Este resultado difere do apresentado pelo mapa gerado por pontos cotados, onde, o intervalo de 0 a 3% predomina no mapa. Seguindo os intervalos de classificação de relevo apresentados pelo IBGE (2000) poder-se-ia afirmar com o primeiro mapa a bacia hidrográfica possui um relevo plano. Já se observando o segundo produto, com a predominância do intervalo de 3,01 a 8% poder-se-ia afirmar que o relevo da bacia é suave ondulado.

De um modo resumido, pode-se dizer que a geração de um mapa temático de declividade por pontos cotados não atende às necessidades de análise física da bacia, uma vez que não representa adequadamente a superfície da mesma. Os polígonos formados quando da geração do TIN não conseguem dar a percepção de relevo da mesma forma como o mapa de declividade gerado por curvas de nível. Provavelmente, uma densificação do número de pontos cotados na superfície da bacia poderia dar uma idéia melhor da conformação da superfície.

Como o mapa de declividade serve como embasamento para a determinação de áreas de preservação permanente, em função do que determina a legislação brasileira, o mapa a ser utilizado nas análises deverá ser o gerado pela edição das curvas de nível.

MAPA DE DECLIVIDADE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO FUNDO GERADO POR PONTOS COTADOS

54°12'00" W
24°32'00" S



Legenda

Classes Declividade

0 a 3 %

3,01 a 8 %

Bacia Hidrográfica

Hidrografia

53°59'00" W
24°39'00" S



Universidade Federal de Santa Catarina
Departamento de Pós-Graduação em Engenharia Civil
Objetivo do Trabalho: Dissertação de Mestrado
Execução: Eng. Civil Fernanda Simoni
Orientação: Prof. Dr. Carlos Loch

Fonte de dados vetoriais: Base Cartográfica Digital COPEL

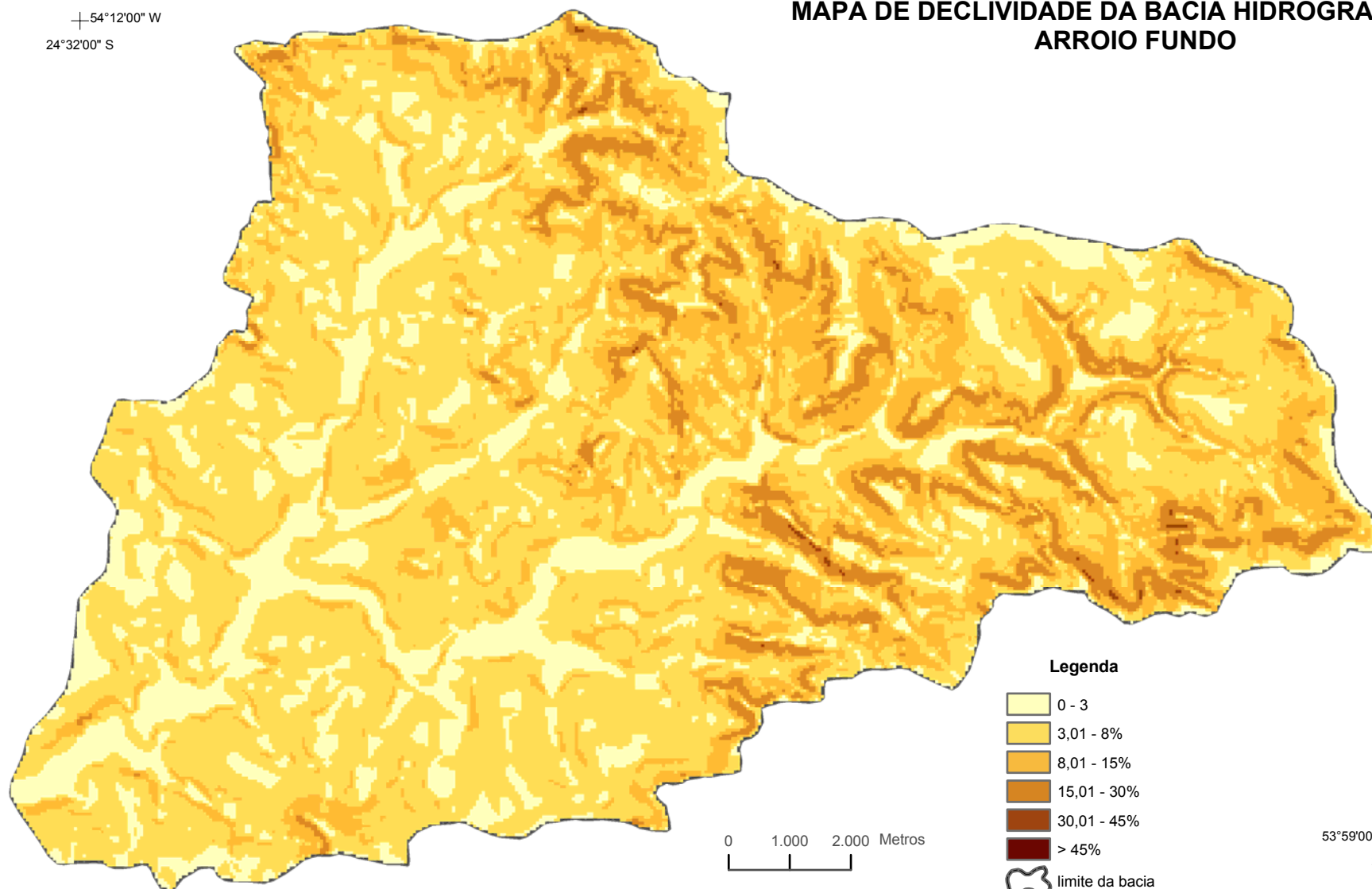
Ano:
Empresa Executora:
Escala:

Cartas: 281620 Fuso 21S
281710 Fuso 22S

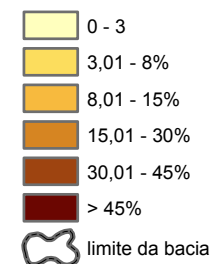
Projeção Cartográfica: Universal Transversa de Mercator
Sistema de Referência: SAD 69
Fuso 21S
Datum Horizontal: Chua
Datum Vertical: Imbituba
Meridiano Central: -57 graus

54°12'00" W
24°32'00" S

MAPA DE DECLIVIDADE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO FUNDO



Legenda



0 1.000 2.000 Metros

53°59'00" W
24°39'00" S



Universidade Federal de Santa Catarina
Departamento de Pós-Graduação em Engenharia Civil
Objetivo do Trabalho: Dissertação de Mestrado
Execução: Eng. Civil Fernanda Simoni
Orientação: Prof. Dr. Carlos Loch

Fonte de dados vetoriais: Base Cartográfica Digital COPEL
Ano:
Empresa Executora:
Escala:
Cartas: 281620 Fuso 21S
281710 Fuso 22S

Projeção Cartográfica: Universal Transversa de Mercator
Sistema de Referência: SAD 69
Fuso 21S
Datum Horizontal: Chua
Datum Vertical: Imbituba
Meridiano Central: -57 graus

5.1.4 Áreas de Preservação Permanente

Definiram-se as áreas de preservação permanente (APP's) existentes dentro da Bacia Hidrográfica do Arroio Fundo com base na legislação relacionada no quadro abaixo:

Tabela 19: Legislação Ambiental Utilizada

Lei/Resolução	Descrição
Resolução 302 de 20 de março de 2002 do CONAMA	Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno.
Resolução 303 de 20 de março de 2002 do CONAMA	Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de áreas de Preservação Permanente.
Lei 11054 de 11/01/1995	Lei Florestal do Estado do Paraná
Lei 4771 de 1965, reformada em 1989	Código Florestal Brasileiro

Relembrando a metodologia exposta em capítulo anterior, verificou-se em campo a largura máxima dos cursos d'água para geração do buffer da área de preservação de largura igual à 30 metros para toda a rede hidrográfica, determinou-se num raio de cinquenta metros as APP's para as nascentes e, por cotas de curvas de nível determinou-se as APP's de topos de morro e linhas de cumeada. Obteve-se assim, o mapa de área de preservação permanente.

Sob a ótica qualitativa, pode-se afirmar que as áreas de preservação em topos de morros e linhas de cumeadas localizam-se de forma concentrada nas bordas da bacia hidrográfica. Percebe-se também que nos locais onde a distância entre as curvas de nível é menor, ou seja, o relevo é mais acidentado, as áreas de preservação possuem um arranjo espacial mais denso, agrupado, enquanto que em áreas mais planas onde as curvas de nível são mais espaçadas entre si, as áreas de preservação também ocupam áreas maiores,

percebe-se assim, uma relação direta quanto ao padrão de representação das APP's:

- 1) Quanto **maior** a distância horizontal entre as curvas de nível na representação da superfície, **maior** é a extensão em área da APP;
- 2) Quanto **menor** a distância horizontal entre as curvas de nível na representação da superfície, **menor** é a extensão em área da APP.

Uma questão que deve ser abordada refere-se à forma de delimitação das APP's em topos de morro e divisores de água. A legislação ambiental determina que a área de preservação deve ser delimitada a partir de uma curva de nível, no entanto, na cartografia, a exatidão da representação de uma curva de nível é altimétrica, ou seja, ela possui uma exatidão posicional menor na planimetria. E é justamente a representação planimétrica que é utilizada na geração dos mapas temáticos de área de preservação. Este fato deve ser observado para assegurar que a valoração quantitativa da APP é aproximada dentro dos padrões de exatidão planimétrica fornecidas numa base cartográfica.

Observa-se também que a maior concentração de cursos d'água está nos locais de maior declividade da bacia no sentido Leste. Conseqüentemente tem-se uma maior área de preservação permanente relacionada às nascentes e as posicionadas ao longo dos cursos d'água no Leste da bacia.

Para análise quantitativa calculou-se no mapa as áreas de preservação de cada tema:

Tabela 20: Áreas relativas aos temas do mapa de APP's

Tema	Topo de morro	Ao longo dos cursos d'água principais	Ao longo dos cursos d'água secundários	Em nascentes	Total
Área (Km²)	20,36	13,06	3,86	5,46	42,74

Como a bacia possui uma área de 195,50 Km² a área total de preservação permanente, demandada pela legislação, corresponde a 42,74

Km², ou seja, a aproximadamente 22% da área de superfície horizontal da bacia hidrográfica.

O gráfico abaixo mostra o percentual de APP's em área, em relação ao valor total de APP's que deveriam existir, de acordo com a espacialização das informações interpretadas da legislação.

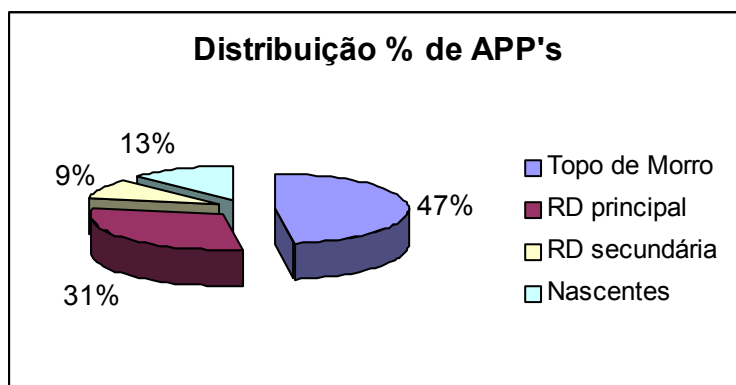


Figura 40: Relação percentual entre as classes de APP

No caso da Bacia do Arroio Fundo, as áreas de preservação permanente em topos de morro e de linhas de cumeada coincidiram. Isso se deu em função da localização dos pontos observados no mapa temático de declividade, quanto à localização da classe de declividade superior a 30% (trinta por cento).

A classe de declividade superior a trinta por cento, aliada à variação altimétrica entre 50 a 300 m, define onde estão os morros (circulados na figura abaixo). Por sua vez, os morros é que formam as linhas de cumeada. No caso desta bacia em estudo, ao determinar-se as APP's em topo de morro, percebeu-se que elas já englobam as APP's de linhas de cumeada dos respectivos morros.

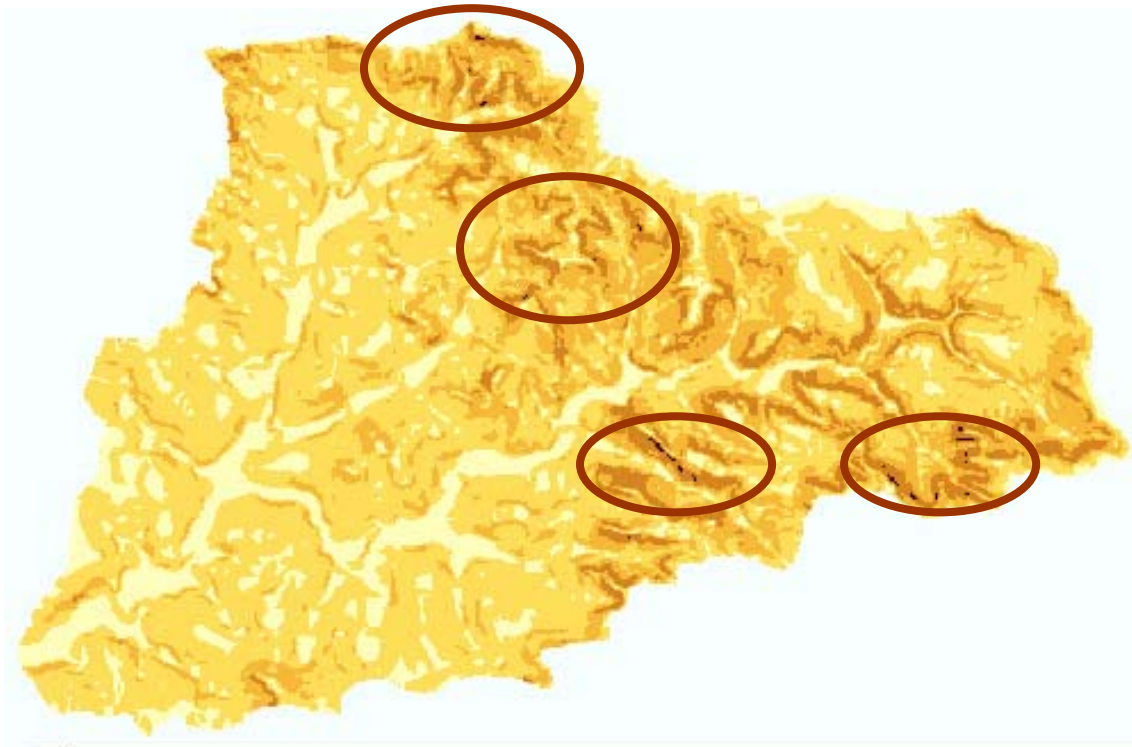
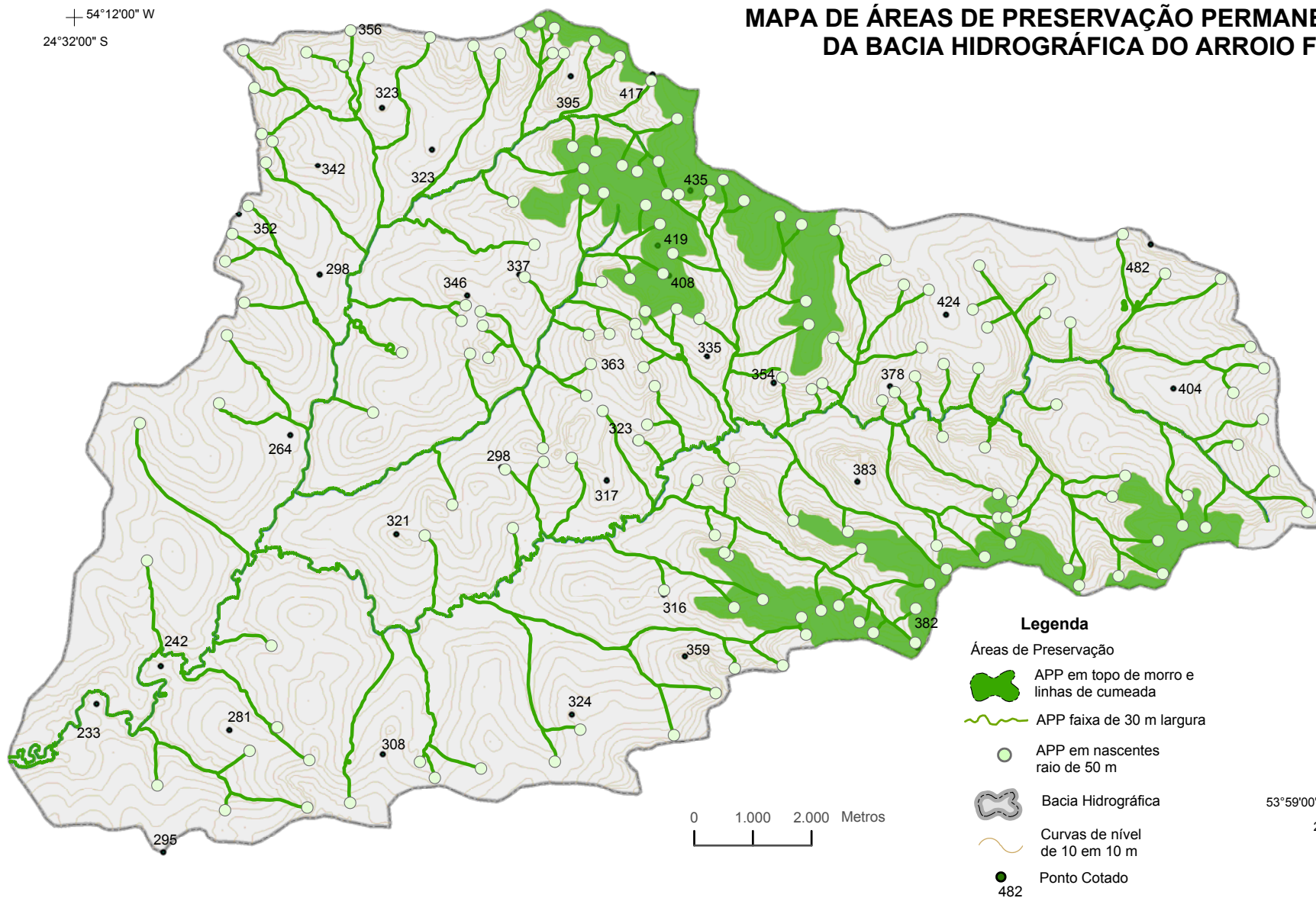


Figura 41: Indicação das declividades superiores a 30%

54°12'00" W
24°32'00" S

MAPA DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE - APP's DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO FUNDO



Legenda

Áreas de Preservação

APP em topo de morro e
linhas de cumeeada

APP faixa de 30 m largura

APP em nascentes
raio de 50 m

Bacia Hidrográfica

Curvas de nível
de 10 em 10 m

Ponto Cotado
482

53°59'00" W
24°39'00" S



Universidade Federal de Santa Catarina
Departamento de Pós-Graduação em Engenharia Civil
Objetivo do Trabalho: Dissertação de Mestrado
Execução: Eng. Civil Fernanda Simoni
Orientação: Prof. Dr. Carlos Loch

Fonte de dados vetoriais: Base Cartográfica Digital COPEL
Ano: 1996
Empresa Executora: DSG
Escala 1:25 000

Cartas: 281620 Fuso 21S
281710 Fuso 22S

Projeção Cartográfica: Universal Transversa de Mercator
Sistema de Referência: SAD 69
Fuso 21S
Datum Horizontal: Chua
Datum Vertical: Imbituba
Meridiano Central: -57 graus

5.1.5 Uso da terra

Como citado no procedimento metodológico, através da classificação de uma imagem de satélite Landsat TM7 do ano de 2003, numa composição infravermelha RGB 432, quatro classes de cobertura da terra foram geradas: vegetação densa, pastagem, solo exposto e agricultura. Após a classificação, as feições foram exportadas para o formato shape onde se calculou a área que cada classe ocupa na bacia hidrográfica como mostra a tabela abaixo:

Tabela 21: Área e percentual ocupado na bacia por classe de uso da terra

Nome classe	Vegetação Densa	Pastagem	Solo Exposto	Agricultura
Área (Km ²)	44,53	37,74	55,62	59,75
% da Bacia	22,53	19,10	28,14	30,23

A classe denominada solo exposto, diferencia-se da classe agricultura, pelo fato de estar desprovida de qualquer vegetação por ocasião da data da obtenção da imagem. Mas na respectiva área também são realizados cultivos. Quanto à classe pastagem, esta possui uma resposta espectral tal, que, mostra uma cobertura vegetal sobre o solo de textura mais densa, porém não tão densa quanto a classe de vegetação densa. A vegetação densa corresponde à vegetação de matas e florestas em estágio de regeneração.

Através da tabela acima se observa que aproximadamente 77,5 % da área da bacia é ocupada por classes que se caracterizam por ações antrópicas.

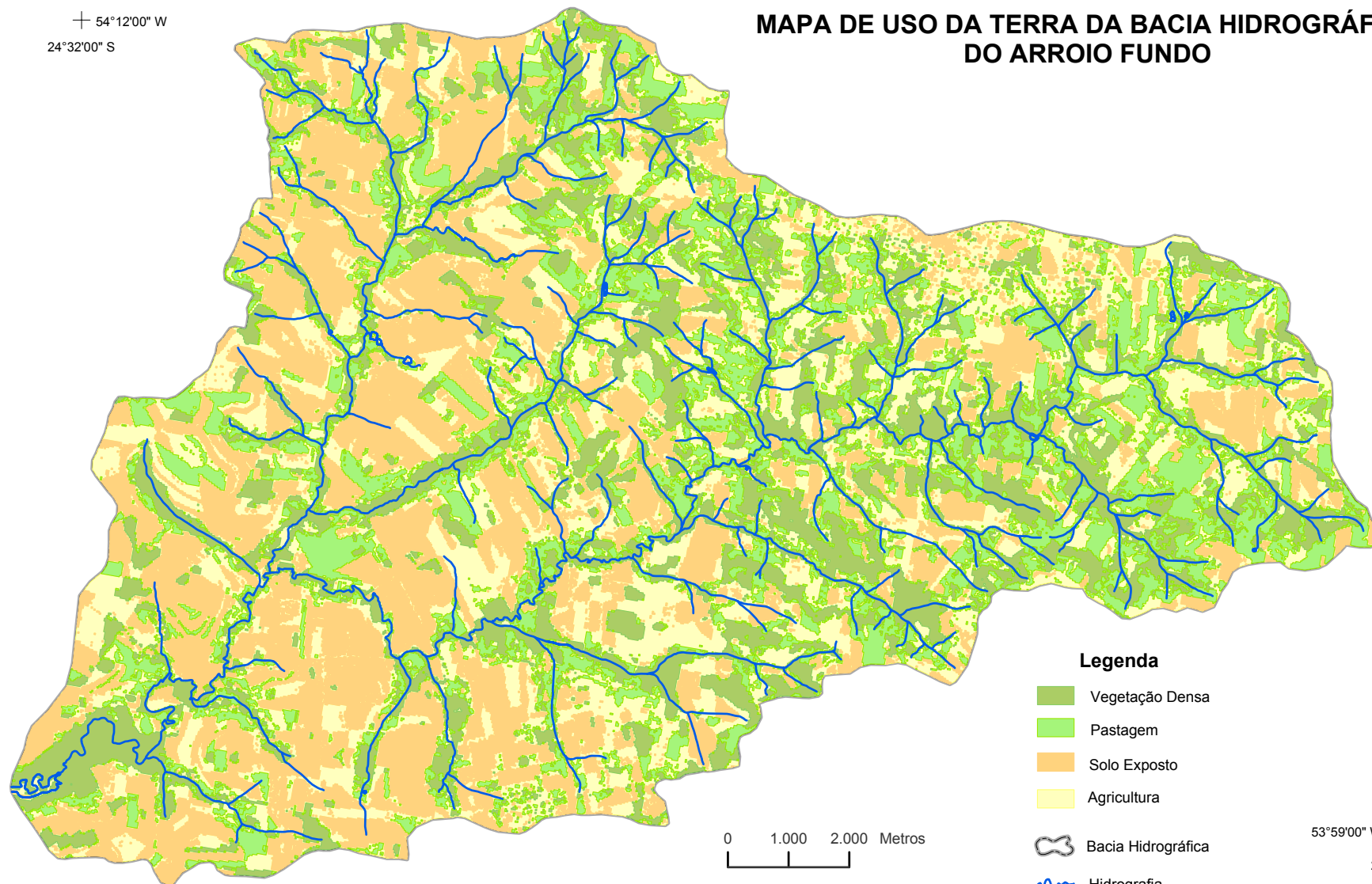
Percebe-se no mapa que as áreas de vegetação densa aparecem bem fragmentadas.

Analisando-se o mapa hipsométrico juntamente com o de uso da terra observa-se que as áreas de maior variação altimétrica é onde ocorre maior concentração de vegetação densa. Outra forma de se analisar o fenômeno é sobrepor-se as curvas de nível de dez em dez metros, elas mostram que onde ocorrem a maior densificação das curvas de nível é onde ocorre também a

maior concentração de vegetação densa. O que também justifica a não utilização de tais áreas para o cultivo.

54°12'00" W
24°32'00" S

MAPA DE USO DA TERRA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO FUNDO



Legenda

-  Vegetação Densa
-  Pastagem
-  Solo Exposto
-  Agricultura
-  Bacia Hidrográfica
-  Hidrografia

0 1.000 2.000 Metros

53°59'00" W
24°39'00" S



Universidade Federal de Santa Catarina
Departamento de Pós-Graduação em Engenharia Civil
Objetivo do Trabalho: Dissertação de Mestrado
Execução: Eng. Civil Fernanda Simoni
Orientação: Prof. Dr. Carlos Loch

Fonte de dados vetoriais: Base Cartográfica Digital COPEL
Ano: 1996
Empresa Executora: DSG
Escala 1: 25 000
Cartas: 281620 Fuso 21S
281710 Fuso 22S

Fonte dados Temáticos
Imagem Satélite Landsat TM7
Tomada da imagem: 25/05/2002
Classificação da composição
infravermelha RGB432

Projeção Cartográfica: Universal Transversa de Mercator
Sistema de Referência: SAD 69
Fuso 21S
Datum Horizontal: Chua
Datum Vertical: Imbituba
Meridiano Central: -57 graus

5.1.6 Estrutura Fundiária

A análise da estrutura fundiária da bacia ocorreu comprando-se o mapa de estrutura fundiária do ano de 1997, do município de Marechal Cândido Rondon, com a composição colorida RGB432 da imagem Landsat de 2002, realizada no software ENVI 3.6.

Não foi possível sobrepor a o “mapa” à composição de satélite porque na verdade não se trata de um mapa, o layout elaborado no ano de 1997. Apesar da escala ser de mapa 1:50 000, não há um sistema de projeção, nem sistema de coordenadas ou Datun mencionado no desenho. Isto impossibilitou a sobreposição das imagens uma vez que somente os rios principais puderam ser visualizados e por meio de vetorização em tela no software Microstation.

No entanto, pode-se realizar uma análise visual onde se percebe a semelhança da estrutura fundiária nas duas datas, com limites de forma aproximadamente retangular, dispostos perpendicularmente aos principais cursos d’água da bacia.



Figura 42: Textura e drenagem de bacia hidrográfica

Fonte: ITAIPU, adaptado

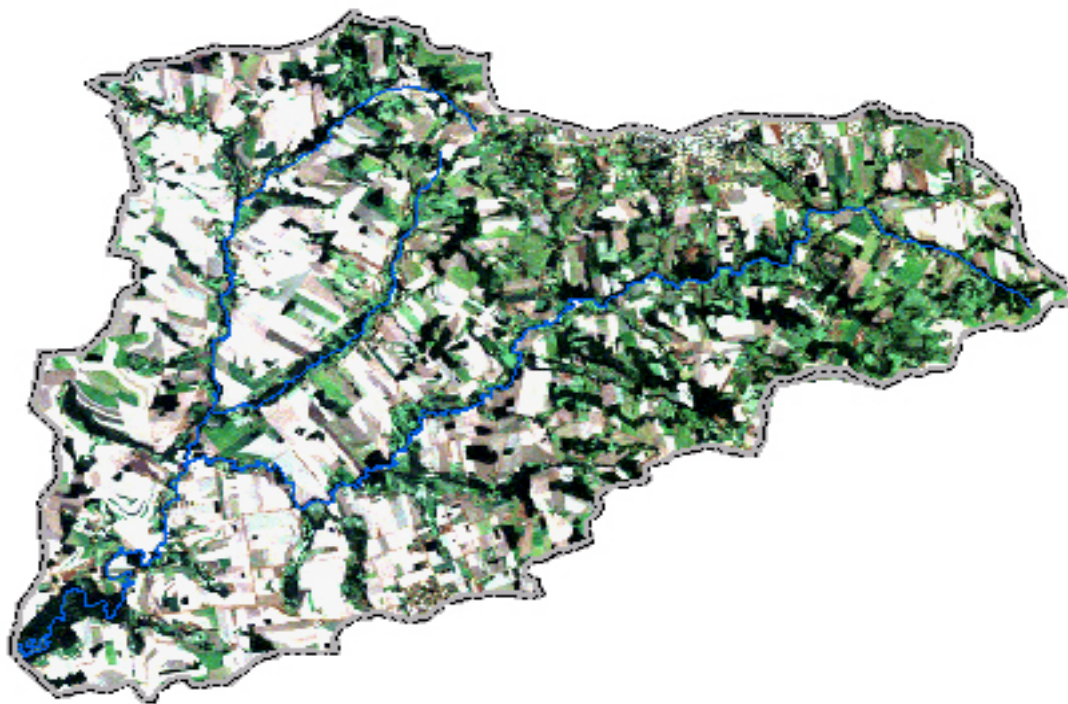


Figura 43: Textura e drenagem de bacia hidrográfica

Pela figura acima é possível observar a disposição da estrutura fundiária que se manteve desde o ano de 1997 até o ano de 2002, data de aquisição da imagem.

A estrutura se distribui uniformemente aproveitando-se dos cursos d'água secundários e das características do relevo plano, com solos que apresentam boa produtividade.

Esta disposição da estrutura fundiária deu-se de um modo empírico pelos proprietários sem que houvesse um planejamento quanto ao uso do solo e utilização dos recursos naturais. Este fator contribui para a degradação e o esgotamento dos recursos naturais da bacia hidrográfica como um todo intervindo também nas condições ecológicas no lago da usina hidrelétrica. Contribuindo para do aumento do índice de sedimentação e de eutrofização da água na medida em que leva substâncias químicas utilizadas nas práticas agrícolas desestabilizando a cadeia alimentar.

5.1.7 Áreas Prioritárias para Ação Ambiental

Cruzando-se os dados do mapa de uso da terra, com o de áreas de preservação permanente, calculou-se a área que deveria estar sendo utilizada como APP e, no momento da tomada da imagem, esta sob outro uso.

As áreas que devem receber prioridade quanto à implantação de programas de adequação ambiental somam um total de 32,06 Km² e estão dispersas na bacia hidrográfica como mostra o mapa.

Tabela 22: Áreas ocupadas por tema do mapa de Áreas Prioritárias

Tema	Áreas Prioritárias	APP com Vegetação Densa	Área Total de Vegetação Densa
Área (Km²)	32,06	10,68	44,53

Analisando-se o mapa (pág.100), observa-se que existem locais que apresentam vegetação densa em áreas que não foram definidas, por força da legislação, como sendo APP's. Elas geralmente situam-se em locais de declividade mais acentuada, sendo as áreas circunvizinhas mais planas e, portanto, mais utilizadas nas práticas agrícolas mecanizadas.

Ao mesmo tempo, observa-se que em áreas mais planas, a ausência de vegetação, nas áreas que deveriam ser de preservação permanente, ocorre com mais frequência ao longo dos cursos d'água e em nascentes.

O gráfico abaixo mostra a relação entre as Áreas de Preservação Permanente, espacializadas pela interpretação da legislação, em contraste com a vegetação existente nestes locais, em Km².

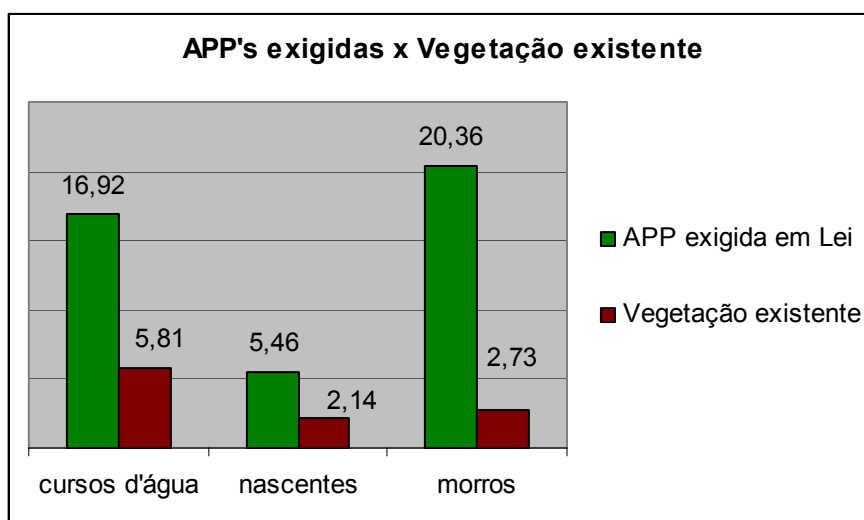


Figura 44: Áreas de preservação versus vegetação existente

Observa-se que nenhuma das classes de APP's estavam, no ano de 2002, atendendo ao Código Florestal Brasileiro e Paranaense, de acordo com os locais estipulados por estas leis, para a implantação das áreas de preservação.

Subtraindo-se os valores das APP's exigidas por lei e da vegetação existente, chega-se aos valores mostrados na tabela abaixo, para a determinação e áreas prioritárias à adequação legal na bacia em estudo.

Tabela 23: Áreas Prioritárias

Áreas Prioritárias (Km ²)			
cursos d'água	nascentes	morros	Total
11,11	3,32	17,63	32,06

Transformando estes valores em percentuais, obtém-se que as APP's em morro, correspondem a 55% do total das áreas determinadas como prioritárias.

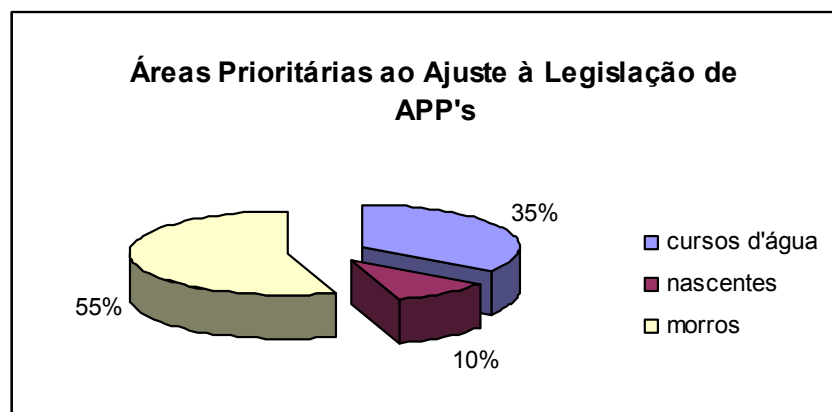


Figura 45: Percentual de Áreas Prioritárias por Classe de APP

Um indicador que pode ser extraído desta análise é o *grau de preservação* da bacia, desenvolvido por Karnaukhova, membro integrante da equipe de pesquisadores do Laboratório de Fotogrametria da UFSC.

Este indicador relaciona a quantidade de vegetação que existe nas áreas de preservação permanente com a vegetação que deveria existir. O cálculo é obtido pelo quociente em percentual dos itens acima mencionados. Por exemplo, o valor correspondente 100% de áreas preservadas na bacia seria de 42,47 Km². A área de vegetação existente nestes locais corresponde a 10,68 Km², ou seja, 25% da área que deveria estar preservada. Então, o grau de preservação é:

$$\frac{100\%}{25\%} = 4 \dots\dots\dots \text{(Equação 3)}$$

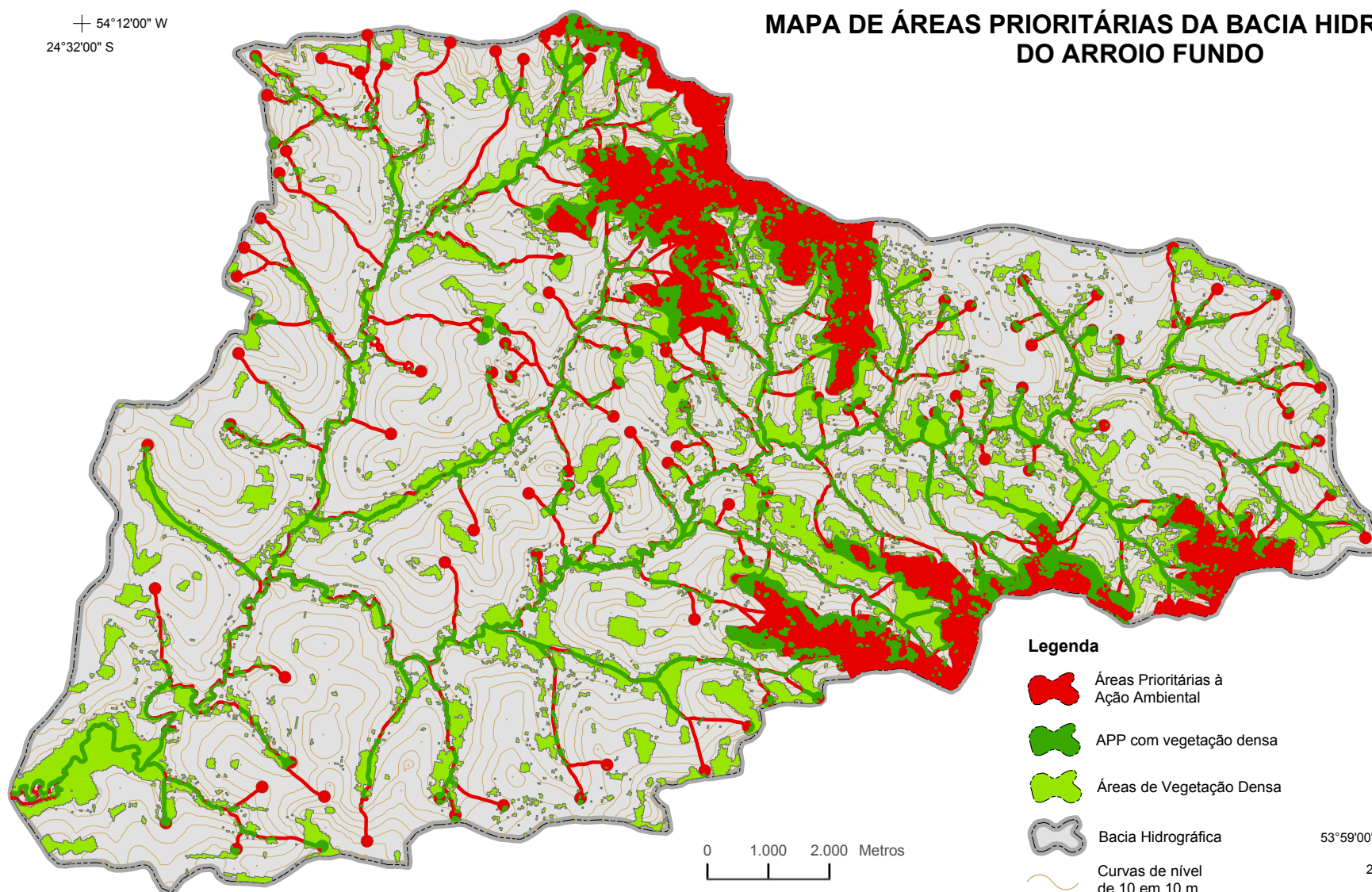
Quanto o grau de preservação é superior a 6 (seis), diz-se que a bacia se encontra num bom estado ecológico. Neste caso, percebe-se que a bacia como um todo não está num bom grau de preservação, necessitando de medidas de intervenção para recuperação de suas condições ambientais.

No entanto, existem áreas com vegetação densa em locais não apontados pela legislação de Área de Preservação Permanente. Observa-se que essa vegetação está dispersa, fragmentada em diversos pontos.

Provavelmente, essas manchas de vegetação ocorrem em função da Lei Florestal do Estado do Paraná, Lei 11054 de 1995, exigir dos proprietários uma área equivalente a 20% da área da propriedade como Reserva Legal. No entanto, a falta de planejamento e ordenamento territorial, pode ter contribuído para esta condição de fragmentação da vegetação mais densa.

54°12'00" W
24°32'00" S

MAPA DE ÁREAS PRIORITÁRIAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO FUNDO



Legenda

- Áreas Prioritárias à Ação Ambiental
- APP com vegetação densa
- Áreas de Vegetação Densa
- Bacia Hidrográfica
- Curvas de nível de 10 em 10 m

53°59'00" W
24°39'00" S



Universidade Federal de Santa Catarina
Departamento de Pós-Graduação em Engenharia Civil
Objetivo do Trabalho: Dissertação de Mestrado
Execução: Eng. Civil Fernanda Simoni
Orientação: Prof. Dr. Carlos Loch

Fonte de dados vetoriais: Base Cartográfica Digital COPEL
Ano: 1996
Empresa Executora: DSG
Escala 1:25 000

Cartas: 281620 Fuso 21S
281710 Fuso 22S

Projeção Cartográfica: Universal Transversa de Mercator
Sistema de Referência: SAD 69
Fuso 21S
Datum Horizontal: Chua
Datum Vertical: Imbituba
Meridiano Central: -57 graus

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente trabalho teve como objetivo geral, realizar a análise física e ambiental de uma bacia hidrográfica contribuinte ao lago da Hidrelétrica de ITAIPU utilizando-se técnicas de geoprocessamento e cartografia digital. Este objetivo foi atingido na medida em que os produtos temáticos, que embasaram as análises, foram obtidos pela aplicação das técnicas acima mencionadas.

A seguir, encontram-se descritos os objetivos específicos e as conclusões e recomendações de cada um deles, apresentados sob a forma de tópicos:

1º Gerar mapas temáticos de declividade, hipsometria, áreas de preservação e uso da terra:

Trabalhando-se com bacias hidrográficas, alguns pontos importantes devem ser observados. O primeiro diz respeito à delimitação da área que compõe a bacia em estudo. É necessário delimitar os divisores de água por meio das curvas de nível e pontos cotados. Este fato é fundamental para que se tome ciência, de características físicas elementares, que devem ser levadas em consideração, ao se tratar de bacias hidrográficas seja de que ordem for.

Percebeu-se que a base cartográfica a ser adotada deve ser em escala compatível com o(s) objetivo(s) dos estudos da bacia, os quais devem ser planejados em etapas preliminares. No caso deste trabalho, a utilização de base cartográfica em escala nominal de 1:25 000, com curvas de nível de dez em dez metros, mostrou-se eficiente para a elaboração dos mapas temáticos, gerados na escala nominal de 1:100 000.

A utilização dos pontos cotados para geração do mapa de declividade, não se mostrou adequada. Como se pode observar no mapa inserido no capítulo referente à análise dos produtos gerados. Para que os pontos cotados pudessem oferecer uma melhor visualização da superfície da área de estudos, seria necessária, uma densificação dos pontos na base cartográfica.

Outro ponto importante a ser observado, que ocorreu na bacia do Arroio Fundo, é a localização da área de estudo em divisa de fuso na projeção

cartográfica UTM. Este acontecimento não é tão incomum, porém é pouco observada sua discussão entre os profissionais da área a não ser quando se depara com o problema. Neste caso, como mostrado, adotou-se um dos dois fusos que dividem a área de estudo. O critério utilizado foi o de adotar aquele que engloba a maior parte da bacia.

A opção pela utilização de um sistema de projeção adequado, é ponto que deve ser observado atentamente e amplamente discutido com os usuários dos produtos cartográficos. No caso de ITAIPU há ainda outro agravante que é a binacionalidade da empresa. Neste caso, há necessidade de se observar, as normas cartográficas adotadas pelo país vizinho e preocupar-se em elaborar um produto cartográfico, que seja adequado do melhor modo possível ao interesse dos países.

2° Determinar características físicas da bacia através de mapas temáticos;

Os mapas analisados neste trabalho são considerados como primordiais para o planejamento e implantação de programas ambientais em bacias hidrográficas. As informações que eles fornecem permitem se ter um conhecimento mínimo sobre os aspectos físicos que caracterizam a bacia, sem os quais não se pode intervir no meio.

A técnica utilizada de cartografia digital mostrou-se uma ferramenta eficaz na extração destas informações. No entanto, deve-se ressaltar a importância do conhecimento cartográfico mínimo necessário ao se trabalhar com softwares de geoprocessamento. Este conhecimento diz respeito à adoção de um sistema de projeção e suas conseqüências, a comprovação em campo das informações extraídas de uma imagem de satélite, a observação dos produtos gerados automaticamente através de softwares GIS como o ArcView para que não mascarem ou representem de forma inconsistente a realidade.

A identificação dos padrões de drenagem de uma bacia hidrográfica, pode auxiliar na compreensão de fenômenos geológicos e pedológicos. Segundo Souza & França (1980), alguns autores relacionam os índices que encontram nos seus trabalhos relativos à rede de drenagem com os materiais subjacentes, rocha ou solos. Nesta pesquisa, esta análise não foi realizada,

mas recomenda-se que, em trabalhos de análise de bacias hidrográficas, sejam aprofundados estes estudos, para que se possa obter uma melhor caracterização das mesmas.

3° Detectar a potencialidade da imagem de satélite Landsat TM7 para análise ambiental:

A utilização da imagem de satélite, para geração de produtos cartográficos temáticos, é de grande valia no fornecimento de informações atuais que podem ser comparadas a outros produtos cartográficos produzidos em datas anteriores. Isto proporciona a avaliação através do tempo da ocupação do espaço.

No decorrer deste trabalho percebeu-se que a utilização da composição que dá a percepção visual da cor verdadeira, no caso da imagem Landsat a composição RBG 321, aparecem locais com sobra que dificultam o processo de classificação da imagem. Ao passo que ao utilizar-se a composição RGB 432 infravermelha, esse fenômeno não ocorreu, facilitando a interpretação das informações relativas à vegetação e ao uso da terra.

Os trabalhos de campo, para a utilização da imagem de satélite como fonte de dados, são muito importantes para a caracterização da área física. Conhecer a área trabalhada na imagem é muito importante, na medida em algumas feições da superfície podem possuir respostas espectrais semelhantes. Isto poderia acarretar num produto que não corresponderia a realidade que se pretende de fato, mostrar.

4° Determinar parâmetros e produzir as análises ambientais embasadas nos critérios legais;

Para a espacialização das áreas de preservação permanente utilizaram-se os Códigos Florestais Brasileiro e do Paraná e as Resoluções do CONAMA que dão suporte aos termos utilizados nesta legislação.

Os parâmetros utilizados para a análise foram dimensionais, relativos a área da APP's, e também de localização espacial das feições.

A partir da imagem de satélite Landsat, do ano de 2002, que forneceu a informação referente à cobertura florestal existente na bacia hidrográfica, pode-se quantificar e analisar a distribuição da mesma.

Com a espacialização da legislação, localizou-se espacialmente e quantificou-se as APP's exigidas.

Do cruzamento destas informações foram realizadas análises que possibilitaram a ocupação da cobertura florestal da área em relação ao cumprimento ou não da legislação.

O método aplicado neste trabalho pode ser utilizado para propostas de monitoramento da cobertura florestal, a partir da utilização de produtos obtidos por sensoriamento remoto. O ponto principal a ser observado é qual produto será necessário para a realização das análises, em função do tipo de análise que se deseja realizar. Observando-se fatores como escala de voo, resolução espectral, resolução temporal, entre outros.

5° Utilizar os critérios determinados em lei quanto às áreas de preservação permanente para a elaboração dos mapas temáticos digitais;

A espacialização da legislação referente as APP's é viável com a utilização de uma base cartográfica digital na escala 1:25 000. Alguns pontos, no entanto, devem ser observados.

Em relação às APP's em nascentes, deve-se salientar que as nascentes contabilizadas para este trabalho, são as que podem ser observadas a partir da rede de drenagem existente na base cartográfica. Provavelmente, em períodos de maiores índices pluviométricos, ao realizarem-se trabalhos de campo, um número maior de nascentes pode ser encontrado.

No caso da bacia do Arroio Fundo, possuidora de relevo suave ondulado, as APP's relativas a linhas de cumeada e topos de morro coincidiram. Isso se deu em função de não existir uma extensa cadeia de morros nem de ocorrer uma variação altimétrica de mais de mil metros.

6° Delimitar áreas prioritárias para ações de gestão ambiental em bacia hidrográfica.

Percebeu-se ao final das análises que o valor da área que deveria existir como área de preservação permanente, corresponde a 22% da área total da bacia hidrográfica.

Este valor traduzido em APP's pode significar um impacto significativo na condição econômica de uma bacia cujo uso do solo predominante está destinado á práticas agrícolas.

Em casos onde uma propriedade possuir um percentual muito elevado de cobertura vegetal em relação às demais, sugere-se a adoção de medidas de reordenamento, para a relocação das áreas de vegetação ou de culturas, sendo necessário para tanto, estudar a melhor técnica em conjunto com os órgãos ambientais licenciadores, governo, prefeituras, ONG's e comitês de bacia hidrográfica.

Não se pode esquecer também que existem áreas com vegetação densa em locais da superfície da bacia do Arroio Fundo não considerados como APP's para a legislação adotada neste trabalho. Esta vegetação, no entanto, contribui para o equilíbrio ecológico do meio, e deve ser levada em consideração em análises que incluam outros parâmetros, que não foram abordados neste trabalho.

7 REFERÊNCIAS

BASTOS A. C. S. & ALMEIDA J. R. de, **Licenciamento Ambiental Brasileiro no Contexto da Avaliação de Impactos Ambientais**, Avaliação e Perícia Ambiental, Sandra Baptista da Cunha, Antônio José Teixeira Guerra (organizadores), 4ª. Edição, Rio de Janeiro/RJ, Editora Bertrand Brasil, 2002, pp 77 a 113.

BERNARDY, R. J. & LOCH, C., **Análise do Uso da Terra Através de Geoprocessamento para a Gestão Territorial no Estado de Santa Catarina**, Anais do COBRAC 2002, CD ROM, Florianópolis, 2002.

BLACHUT, T. J. et ali. **Cadastre: various functions characteristics, techniques and the planning of a land records systems**. Canada National Comercil, Canada, 1974, 157 p

BRASIL, **Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas – Manual Operativo, Ministério da Agricultura**, Comissão Nacional de Coordenação do PNMH, Brasília, 1987, 60p.

BRASIL (a), **Código Florestal Brasileiro, Lei 4771 de 15 de setembro de 1965**, disponível na URL: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L4771.htm, acessado em 10/01/2005.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**, São Paulo, Ed. Edgard Blucher Ltda., 2a. Edição, 1980.

CUNHA, S.B., GUERRA, A.J.T. **Geomorfologia e Meio Ambiente Degradação Mineral (cap.7)**. In:GUERRA A.J.T. e CUNHA S. B. (org.). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p.337-379, 1996.

Dent, B. D., **Cartography Thematic Map Design**. WBC Publishers, pg 4, 1996.

IBGE, **Anuário Estatístico do Brasil 2000 – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, Rio de Janeiro/RJ, Ed. IBGE, vol. 1, 2002.

IBGE, **Manual Técnico do Uso da Terra**, Manuais Técnicos em Geociências, número 7, 1999, 58p.

IBGE, **Atlas Escolar**, disponível na internet na URL www.ibge.gov.br, acessado em 08 de novembro de 2004.

IBGE (a), **Ibge cidade@**, disponível na internet na URL www.ibge.gov.br, acessado em 08 de novembro de 2004.

INPE, Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas, disponível na URL: http://www.dpi.inpe.br/spring/usuario/mnt3.htm#gera_decl, 2004.

ITAIPU, Binacional, **Itaipu: Hidroelectric Project**, pp 4.3 a 4.10 e 16.3 a 16.19, 1994.

ITAIPU, Gestão Ambiental, disponível na URL: www.ITAIPU.gov.br, 2004.

IDOETA, I. V. & CINTRA, J. P., **Elaboração de Bases Cartográficas para Projetos de Engenharia: A Relação entre Produtor e Usuário**, Anais do XXI Congresso Brasileiro de Cartografia, Belo Horizonte/MG, 2002.

KRAMER, H. J.; **Observation of the Earth and Its Environment- Survey of Missions and Sensors**; 3ª edição, Editora Springer, Berlin, 1996.

LOCH, Carlos, **A Interpretação de Imagens Aéreas: Noções Básicas e Algumas Aplicações nos Campos Profissionais**, 4ª Edição, Ed. da UFSC, 2001, 118 p.

MA, Ministério da Agricultura, Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária, Divisão de Pesquisa Pedológica, **Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Oeste do Estado do Paraná**, 1972, 97p.

MARCONI, M. de A., & LAKATOS, E. M., **Metodologia do Trabalho Científico: procedimentos básico, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicações e trabalhos científicos**, 6ª. Edição, São Paulo, Editora Atlas, 2001, 219p.

MARTINELLI, M., **Mapas da Geografia e Cartografia Temática**, São Paulo/SP, Ed. Contexto, 2003, 112 p.

MARTINELLI, M.,(a), **Cartografia Temática: Caderno de Mapas**, São Paulo/SP, Ed. da Universidade de São Paulo, 2003, 160 p.

MELLO, E. T. O. de, **O mercado brasileiro para os sensores imageadores digitais suborbitais**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

MENDONÇA, Francisco A. & FERREIRA Jr., Otávio, **Cartografando a Legislação Ambiental: uma contribuição da geografia ao equacionamento de problemas ambientais**, Anais do VI Simpósio Nacional de Geografia Física Aplicada – Geografia Física Urbana, Geoprocessamento e Ensino, Vol. 1, Goiânia/GO, 1995.

MILLER, J. Harvey, **Potential Contributions of Spatial Analysis to Geographic Information Systems for Transportation**, Geographic Analysis – An International Journal of Theoretical Geography, Ohio State University Press, Vol. 31, October de 1999.

MMA, Ministério do Meio Ambiente, **Política Nacional do Meio Ambiente – Lei 6938 de 31 de agosto de 1981**, disponível na URL <http://www.mma.gov.br/>, acessado em 05/01/2005.

MMA (a), Ministério do Meio Ambiente, **Política Nacional de Recursos Hídricos**, disponível na URL <http://www.mma.gov.br/port/srh/politica/pnrh.html>, acessado em 05/01/2005.

MMA (b), Ministério do Meio Ambiente, **Resolução 303 do CONAMA, de 20 de março de 2002**, disponível na URL: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>, acessado em 10/01/2005.

MMA (c), Ministério do Meio Ambiente, **Resolução 302 do CONAMA, de 20 de março de 2002**, disponível na URL: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30202.html>, acessado em 10/01/2005.

MOREIRA, M. A., **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**, 1ª. Edição, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, São José dos Campos/SP, 2001, 250 p.

MOREIRA, A. A. N. & LIMA, G. R. - **Relevo In: Geografia do Brasil: Região Sul** - Fundação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), SERGRAF, Rio de Janeiro, RJ, 1977

NASA, <http://earthobservatory.nasa.gov/Library/landsat>, acessado em 10 de janeiro de 2005.

NASCIMENTO, R. da S., 1994, **Análise da organização espacial do uso e ocupação do solo através do cadastro técnico Multifinalitário Rural: Estudo de caso Município de Porto Vitória –PR**, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil, 140 p.

PEREIRA, K. D. et all, **Atualização da Legislação Cartográfica – Necessidade Nacional**, Anais do XXI Congresso Brasileiro de Cartografia – CD-ROM, Belo Horizonte/MG, 2002.

PHILLIPS, Jonathan D., **Spatial Analysis in Physical Geography and the Challenge of Deterministic Uncertainty**, Geographic Analysis – An International Journal of Theoretical Geography, vol. 31, Ohio State University Press, October 1999.

ROBINSON A. H. et all, **Elements of Cartography**, 6^a. Edição, Ed. John Wiley & Sons, Inc., U.S.A., 1995.

SATO, S. S., **Aplicação e Análise da Ortofoto Digital na Definição de Limites de Propriedades Imobiliárias** – Estudo de caso: Imóveis da Universidade Federal de Santa Catarina, 1996, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil, 152 p.

SANTOS, Rozely Ferreira dos, **Planejamento Ambiental: teoria e prática**, São Paulo/SP, Ed. Oficina de Textos, 2004.

SCOTTON, Giovanni Colossi, DAL SANTO, Mariane Alves, OLIVEIRA, Francisco Henrique de, **Cartografia Digital Aplicada à Bacia Hidrográfica do Rio Biguaçu- SC**, CD Rom Anais do COBRAC2004, 2004.

SEIFFERT, Nelson F., 1996, **Uma Contribuição ao Processo de Otimização do Uso dos Recursos Ambientais em Microbacias Hidrográficas**. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção, Departamento de Engenharia de Produção, UFSC. Florianópolis,. 253p.

SILVA, A. de B., **Sistemas de Informações Geo-Referenciadas: Conceitos e Fundamentos**, Campinas/SP, Editora da UNICAMP, 2003, 236 p.

SOUZA, M. L. DE P., & FRANÇA, G. V. DE, **Fotointerpretação das Redes de Drenagem de Três Solos Ocorrentes no Município de Ponta Grossa – PR. II – Características Quantitativas em Bacias Hidrográficas**, Revista do Setor de Ciências Agrárias, Vol 2, 1980, pg 9 a 22.

SUDERHSA, **Política Estadual de Recursos Hídricos**, disponível na URL http://www.pr.gov.br/meioambiente/suderhsa/outorga_dir_rechid.shtml, acessado em 05/01/2005.

8 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

CRÓSTA, A.P., **Os Recursos Físicos da Terra – Bloco 4 Parte I Recursos Hídricos** / Geoff Brown et al., tradução e adaptação Álvaro P. Crósta, Campinas, Sp, Editora Unicamp, 2000.

ELETOBRÁS, **Relatório de Gestão de 2000**, disponível na URL: www.eletobras.gov.br/bibliotecavirtual, 2004.

EMBRAPA, **Regiões Hidrográficas Brasileiras** disponível na internet na URL www.aguas.cnpm.embrapa.gov.br, acessado em 08 de novembro de 2004.

LOCH, C. **A interpretação de Imagens Aéreas**. Florianópolis : ed. UFSC, 1993, p. 61-67.

LOCH, C. **Cadastro Técnico Multifinalitário – Rural e Urbano**. (mimeo), UFSC, 1998.

LOCH, C. **Cadastro Técnico Multifinalitário como Base à Organização Espacial do Uso da Terra a Nível de Propriedade Rural**. Florianópolis, 1993. Tese, Professor Titular - UFSC.

LOCH, C. **Monitoramento Global Integrado de Propriedades Rurais**. Séries Didáticas, UFSC, Florianópolis : 136 p., 1990.

LOCH, C.; **Cadastro técnico: a base para o monitoramento de propriedades rurais**, in: 1o Simpósio Latino Americano de Agrimensura, Foz do Iguaçu – PR, 1992.

LOCH, C.; LOCH, R. E. N. **Análise da Organização Espacial do Uso da Terra em Propriedades Rurais de uma Microbacia em Porto-Vitória – PR**. In: 4º Encontro Nacional de Estudos sobre o Meio ambiente. Anais. Cuiabá, 04-08 outubro de 1993.

LOCH, Ruth E. N., **Estruturação de Dados Geográficos para a Gestão de Áreas Degradadas pela Mineração**. 2000. 202 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

LOHR,U.; SCHALLER,J. **High Resolution Digital Elevation Models for various Applications**. 2/99,3-5,Wichmann-H?thig,ISSN 0953-1523,Heidelberg 1999a.

OLIVEIRA, Francisco Henrique, 1996, **Qualidade da Base Cartográfica para o Cadastro Técnico Multifinalitário**, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil, 167 p.

PETRIE, G., KENNIE. T.J.M., **Terrain Modelling in Surveing and Civil Engineering**, Editora Whittles, Londres,1990.

SCHALLER J, LOHR U, MANNHEIM K., HACK T. **New GIS and Laserscanning Methods for Monitoring Powerline Uilties**, In: 20th Annual International ESRI User Conference, San Diego, Cal. June 26th-30th, 2000

SUMÁRIO

LISTA DE SIGLAS	i
LISTA DE FIGURAS	ii
LISTA DE TABELAS	iv
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
1 CAPÍTULO - INTRODUÇÃO.....	1
1.1 INTRODUÇÃO	1
1.2 HIPÓTESE E PROBLEMA	2
1.3 OBJETIVOS.....	4
1.4 JUSTIFICATIVA.....	5
1.5 TRABALHOS CORRELATOS.....	6
1.6 LIMITAÇÕES DA PESQUISA	7
1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO	8
2 REFERENCIAL TEÓRICO	9
2.1 ANÁLISE AMBIENTAL.....	9
2.1.1 Análises em bacias hidrográficas.....	10
2.1.2 Dados para análise.....	11
2.1.3 Escala de análise.....	13
2.2 BACIA HIDROGRÁFICA	15
2.3 SENSORIAMENTO REMOTO	18
2.3.1 Classificação dos sensores	19
2.3.2 Imagem Landsat7 ETM+.....	20
2.4 CARTOGRAFIA	23
2.4.1 Cartografia Temática e CTM para análise ambiental	24
2.4.2 Cartografia Digital.....	24
2.4.3 Base Cartográfica	25
3 CAPÍTULO - MATERIAL E MÉTODO	27
3.1 MATERIAL DE PESQUISA.....	27
3.1.1 Base cartográfica	28

3.1.2	<i>Imagem Landsat TM</i>	28
3.1.3	<i>Softwares</i>	29
3.2	MÉTODO	29
3.3	DELIMITAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA.....	32
3.4	GERAÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS	38
3.4.1	<i>Hierarquização Fluvial</i>	38
3.4.2	<i>Mapa Hipsométrico</i>	40
3.4.3	<i>Declividade</i>	46
3.4.4	<i>Mapa de Área de Preservação Permanente</i>	48
3.4.5	<i>Uso da Terra</i>	54
3.4.6	<i>Mapas de áreas prioritárias</i>	59
3.4.7	<i>Edição do Layout Final dos Mapas</i>	61
3.4.8	<i>Estrutura Fundiária</i>	63
4	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	64
4.1	RELEVO E GEOLOGIA.....	66
4.2	SOLO	67
4.3	CLIMA	68
4.4	VEGETAÇÃO	68
4.5	HIDROGRAFIA.....	70
4.6	MUNICÍPIOS INTEGRANTES	71
5	ANÁLISE AMBIENTAL.....	74
5.1.1	<i>Rede de Drenagem e Hierarquia Fluvial</i>	75
5.1.2	<i>Hipsometria</i>	81
5.1.3	<i>Declividade</i>	83
5.1.4	<i>Áreas de Preservação Permanente</i>	87
5.1.5	<i>Uso da terra</i>	92
5.1.6	<i>Estrutura Fundiária</i>	95
5.1.7	<i>Áreas Prioritárias para Ação Ambiental</i>	97
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	101
7	REFERÊNCIAS	106
8	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	112